

**INFORME DE PRÁCTICA EMPRESARIAL REALIZADA EN EL DPTO. DE
SERVICIOS TECNICOS, MINA CALENTURITAS, PROPIEDAD DE C.I.
PRODECO S.A., LA LOMA, CESAR.**

CARLOS FELIPE MARTINEZ NIÑO

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA DE MINAS
VALLEDUPAR, CESAR
2018**

**ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS CICLOS DE ACARREO PARA CAMIONES
HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C Y CAT 793D Y
ACTUALIZACIÓN DE DATOS EN SOFTWARE TALPAC DE LA MINA
CALENTURITAS, PROPIEDAD DE C.I. PRODECO S.A. EN EL MUNICIPIO DE
LA LOMA, CESAR.**

CARLOS FELIPE MARTINEZ NIÑO

***“Informe de práctica empresarial presentado como requisito para optar al
título de ingeniero de minas”***

**Coordinador de Proyecto
YEISON OSPINA HERNANDEZ
Ingeniero de Minas**

**Asesor metodológico
SANDRA ISABEL MOLINA ARENAS
Ingeniera de Minas**

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA DE MINAS
VALLEDUPAR, CESAR
2018**

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo agradezco:

A Dios, autor de la vida y sabiduría, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y por hacerme como persona y profesional de la minería.

A mis padres, Clemencia Inés y Carlos Armando, acreedores de todo triunfo en mi camino, por sus esfuerzos y sacrificios para posicionarme donde estoy, por sus valores inculcados en mí y ser mi apoyo en cada proyecto que me he propuesto.

A Vilma Rodríguez, por cuidar de mí como un hijo, por sus anécdotas, sus enseñanzas, por preocuparse como toda una madre y por hacer de mi estancia en Valledupar una experiencia única.

A Daniel Gil por ser mi amigo, mi compañero de mil batallas, por su constante soporte y consejos durante nuestra vida universitaria y profesional.

A Mina Calenturitas, en representación del grupo PRODECO, por brindarme la oportunidad y permitirme el honor de realizar mis prácticas profesionales.

A los ingenieros de planeación Yeison Ospina, Hermides Ortega, Giovanni Guerra, Oscar Alarcon, Luis Hernandez, Elvia Montañez, Jairo Paz, Karol Rocha, Herminson Arrieta, Cesar Quintero, Arnaldo Ferreira, Idelfonso Villazon, Ilvio Redondo, Robinson Fortich, Leonor Blanquicet, Leonardo Toloza, Saudith Torres y Mario Aroca por su apoyo, conocimientos y experiencias inculcadas durante mi estancia en el Dpto. de servicios técnicos.

Al personal de geología topografía, diseño y registro por su calidez y aprendizaje brindado.

Al supervisor Carlos portillo por sus consejos y conocimientos, a los operadores, supervisores y superintendentes de producción por su colaboración durante todo el proceso.

A mis compañeros de carrera por su apoyo y carisma, y al cuerpo docente de la Fundación Universitaria del Área Andina por su paciencia y exigencia en una etapa tan llena de sacrificios, tristezas y victorias como lo es la universidad.

*“A Clemencia, mi madre por darme de comer,
Vestirme y brindarme la oportunidad de estudiar
Siempre soñaste con verme hecho un profesional,
Esto es para ti”*

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 11 |
| 1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA | 13 |
| 1.1. LOCALIZACION | 13 |
| 1.1.1. Mina Calenturitas. | 14 |
| 1.1.1.1. Conformación de la Mina. | 16 |
| 1.1.1.2. Geología del Yacimiento. | 17 |
| 1.1.1.3. Método de explotación. | 18 |
| 1.1.2. Mina La Laguna. | 18 |
| 1.1.3. Operación Ferroviaria. | 18 |
| 1.1.4. Operación Puerto Nuevo S.A. | 19 |
| 1.2. RESEÑA HISTÓRICA | 19 |
| 1.3. ASPECTOS ESTRATÉGICOS | 20 |
| 1.3.1. Practica Corporativa. | 20 |
| 1.3.2. Misión. | 22 |
| 1.3.3. Visión. | 22 |
| 1.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL | 22 |
| 1.5. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS | 23 |
| 2. INFORME DE PRÁCTICA | 24 |
| 2.1. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS TECNICOS | 24 |
| 2.1.1. Perforación y Voladura (P&V). | 25 |
| 2.1.2. Minería. | 26 |
| 2.1.3. Botaderos. | 27 |
| 2.2. INFORME DE GESTION | 27 |
| 2.2.1. Identificación Área de Trabajo. | 27 |
| 2.2.2. Estimación de tiempos perdidos por los movimientos de palas durante procesos de voladura en el Sector A. | 28 |
| 2.2.3. Aprendizaje acerca del diseño de mallas de perforación para voladura. | 31 |
| 2.2.4. Aprendizaje tareas de supervisión en campo. | 31 |
| 2.2.5. Apoyo en mantenimiento base de datos P&V. | 31 |
| 2.2.6. Instrucción de tareas de perforación y voladura. | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 3. PROPUESTA DE INVESTIGACION | 32 |
| 3.1. ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS CICLOS DE ACARREO PARA CAMIONES HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C Y CAT 793D Y ACTUALIZACIÓN DE DATOS EN SOFTWARE TALPAC DE LA MINA CALENTURITAS, PROPIEDAD DE C.I. PRODECO S.A. EN EL MUNICIPIO DE LA LOMA, CESAR. | 32 |
| 3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 32 |
| 3.3. JUSTIFICACIÓN | 33 |
| 3.4. OBJETIVOS | 34 |
| 3.4.1. General. | 34 |
| 3.4.2. Específicos. | 34 |
| 3.5. RESULTADOS ESPERADOS | 35 |
| 3.6. ANTECEDENTES | 36 |
| 3.7. MARCO TEORICO | 39 |
| 3.8. METODOLOGIA | 43 |
| 3.8.1. Tipo de Investigación. | 43 |
| 3.8.2. Población. | 44 |
| 3.8.3. Análisis de Resultados. | 45 |
| 3.8.3.1. Reconocimiento de la Flota Minera. | 45 |
| 3.8.3.2. Muestreo. | 46 |
| 3.8.3.3. Organización en Base de Datos. | 48 |
| 3.8.3.4. Promedio Tiempos de Cargue Actuales. | 50 |
| 3.8.3.4.1. Promedio de pases match. | 54 |
| 3.8.3.5. Varianzas de Ciclos y Productividades Plan vs Actual. | 55 |
| 3.8.3.5.1. Productividades Plan vs Actual vs Dispatch del match en el día. | 68 |
| 3.8.3.6. Calibración de Talpac. | 70 |
| 3.8.4. Cronograma. | 77 |
| 4. LOGROS ALCANZADOS | 78 |
| 4.1. IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE | 78 |
| 4.2. LIMITACIONES | 78 |
| 5. CONCLUSIONES | 79 |
| 6. RECOMENDACIONES | 80 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 81 |

LISTA DE GRAFICAS

| | Pág. |
|---|------|
| Grafica 1. Localización de propiedades C.I. PRODECO S.A. | 14 |
| Grafica 2. Localización mina Calenturitas. C.I. PRODECO S.A. | 15 |
| Grafico 3. Localización Sectores Mina Calenturitas. | 17 |
| Grafica 4. Estructura organizacional Mina Calenturitas. | 22 |
| Grafica 5. Estructura Organizacional Dpto. Servicios Técnicos Mina Calenturitas. | 24 |
| Grafica 6. Rutas de evacuación de las palas EH380, EH351 y EH353 el día 24/10/2017. | 29 |
| Grafica 7. Monitoreo y manejo de flota en operación. | 36 |
| Grafica 8. Modelo metodológico del proyecto. | 43 |
| Grafica 9. Equipos de cargue de estéril que operan Mina Calenturitas. | 44 |
| Grafica 10. Equipos de acarreo de estéril que operan en Mina Calenturitas. | 44 |
| Grafica 11. Excavadora Hitachi EX3600 cargando camión Hitachi EH4000 mientras que camión CAT 793D espera y Buldócer D10T en espera para arreglar la plaza. | 45 |
| Grafica 12. Promedio ciclos de cargue CAT 6060 FS/793D. | 50 |
| Grafica 13. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX3600/789C_EH3500. | 51 |
| Grafica 14. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX3600/793D_EH4000. | 52 |
| Grafica 15. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX2500/777F. | 52 |
| Grafica 16. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX1900/777F. | 53 |
| Grafica 17. Promedio ciclos de cargue TEREX RH120-E/777F. | 53 |
| Grafica 18. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH4000. | 55 |
| Grafica 19. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH4000. | 56 |
| Grafica 20. Varianza de ciclos match SA EX3600_793D. | 56 |
| Grafica 21. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH3500. | 57 |
| Grafica 22. Imágenes match EX3600_793D/789C/EH4000/EH3500 SA. | 57 |
| Grafica 23. Varianza de ciclos match SA CAT 6060_793D. | 58 |
| Grafica 24. Varianza de ciclos match SA CAT 6060_793D. | 58 |
| Grafica 25. Varianza de ciclos match SA CAT 6060_793D. | 59 |
| Grafica 26. Imágenes match CAT6060_793D SA. | 59 |
| Grafica 27. Imágenes match EX2500_777F SA. | 60 |
| Grafica 28. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 61 |
| Grafica 29. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 61 |
| Grafica 30. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 62 |
| Grafica 31. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 62 |
| Grafica 32. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 63 |
| Grafica 33. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500. | 63 |
| Grafica 34. Varianza de ciclos match CD EX3600_789C. | 64 |
| Grafica 35. Varianza de ciclos match CD EX3600_789C. | 64 |

| | |
|---|----|
| Grafica 36. imágenes match EX3600_789C/EH3500 CD. | 65 |
| Grafica 37. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F. | 65 |
| Grafica 38. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F. | 66 |
| Grafica 39. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F. | 66 |
| Grafica 40. Imágenes match EX1900_777F CD. | 67 |
| Grafica 41. Varianza de ciclos CD RH120-E_777F. | 67 |
| Grafica 42. Varianza de ciclos CD RH120-E_777F. | 68 |
| Grafica 43. Productividades matches evaluados Sector A. | 69 |
| Grafica 44. Productividades matches evaluados Sector CD. | 70 |
| Grafica 45. Estructura de datos de TALPAC. | 72 |
| Grafica 46. ventana principal de talpac 10.2. | 73 |
| Grafica 47. Plantilla de parámetros para cargador. | 74 |
| Grafica 48. Plantilla de parámetros para camiones. | 75 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Coordenadas concesión mina Calenturitas C.I. PRODECO S.A. | 16 |
| Tabla 2. Muestreo de tiempos de traslado (min) y operativos (hh:mm) el día 24/10/2017. | 30 |
| Tabla 3. Combinaciones o matches existentes en mina calenturitas | 30 |
| Tabla 4. Formato para muestro en plaza. | 46 |
| Tabla 5. Formato para muestreo en camiones. | 47 |
| Tabla 6. Recopilación de muestras obtenidas. | 47 |
| Tabla 7. Base de datos de tiempos recolectados. | 48 |
| Tabla 8. Muestras en plaza de cargue, en camiones y matches a evaluar. | 49 |
| Tabla 9. Base de datos Plan vs Actual de rutas. | 49 |
| Tabla 10. Promedio de pases por match. | 54 |
| Tabla 11. Reportes De simulación Plan vs Actual. | 76 |

INTRODUCCION

Grupo Prodeco es una filial colombiana propiedad de Glencore plc dedicada a la exploración, producción, transporte y exportación de carbón térmico y metalúrgico, y la infraestructura relacionada, que se destina a Europa, América y Asia. El grupo se compone de C.I. Prodeco S.A., propietaria de la mina Calenturitas y una empresa ferroviaria; Carbones de la Jagua S.A., Consorcio Minero Unido S.A. y Carbones El Tesoro S.A., propietarios de la mina La Jagua; y Sociedad Portuaria Puerto Nuevo, S.A., propietaria del terminal de exportación de carbón Puerto Nuevo. El proceso de prácticas empresariales se realizó en la mina Calenturitas, la cual se ubica en las inmediaciones de los municipios de El Paso, el corregimiento de La Loma de Calenturas y los municipios de La Jagua de Ibirico y Becerril, ubicados en el centro del departamento del Cesar, en la región Caribe colombiana.

Durante dicho proceso, concerniente al periodo entre 1 de Septiembre de 2017 y 28 de Febrero de 2018 y desarrollado en el área de planeación (Servicios Técnicos) se tuvo la oportunidad de aprender nuevos conocimientos y habilidades lógico-analíticas para la toma de decisiones en el desarrollo de los diferentes procesos mineros, así como también desarrollar y colocar en práctica los conocimientos adquiridos durante la etapa académica, en donde el estudiante tiene la oportunidad de aportarle a la empresa para la optimización de sus actividades diarias. A través de la política de seguridad y salud en el trabajo, se establecieron los lineamientos para el desarrollo de las prácticas empresariales, siguiendo al pie de la letra todas las estándares de seguridad que hacen de la mina Calenturitas un complejo una operación con más de 18 millones de horas sin accidentes incapacitantes. Durante el proceso como practicante, se elaboró y siguió un plan de trabajo en donde se contemplaron todas las actividades a desarrollar, de la mano del departamento de Servicios Técnicos, conformados por un muy capacitado equipo de profesionales en ingeniería de minas encargados de la planeación a corto plazo de los procesos de perforación y voladura, minería y conformación de botaderos y vías, los cuales estuvieron encargados de la orientación y supervisión del practicante.

Como proyecto se materializó una base de datos en base a los tiempos obtenidos por los ciclos de cargue y acarreo de material estéril para las diferentes flotas de camiones empleadas en la operación de la mina Calenturitas, dicha base de datos se compiló con el objetivo de realizar un estudio comparativo por medio de la calibración en el software minero TALPAC, el cual es una herramienta de planeación que permite la optimización del recorrido de una flota de camiones,

donde se simulan las productividades de los equipos. Utilizando los datos tomados en campo se ajustaron al software para obtener simulaciones de rutas más cercanas a la realidad y observar el comportamiento de productividades planeadas vs las actuales de los equipos mineros, según los diferentes factores los cuales afectan directamente el ciclo.

1. PRESENTACION DE LA EMPRESA

El Grupo PRODECO, quien se desempeña desarrollando las operaciones mineras de la multinacional Glencore en Colombia, es propietario de las explotaciones de carbón a cielo abierto Mina Calenturitas y Mina la Jagua, a nivel nacional es el tercer productor de carbón térmico con altos y bajos niveles de azufre para exportación. Junto con la explotación de carbón, se comprende con una infraestructura ferroviaria y portuaria, la cual garantiza por completo el proceso de extracción, transporte y embarque del hidrocarburo para ser exportado a los mercados de Norteamérica, Europa y Asia, moviendo así un promedio de 23 toneladas de Carbón por año.

El grupo tiene grandes ventajas operativas ya que es propietario de toda su infraestructura operacional, incluyendo los equipos rodantes, de beneficio de carbón y su estructura ferroviaria, así como también son únicos accionistas de la sociedad portuaria Puerto Nuevo S.A., el cual Puerto Nuevo, es un puerto de servicio público dedicado al manejo y exportación de carbón mediante el sistema de cargue directo a buques, lo que permite minimizar los puntos de transferencia del mineral al ser movilizado directamente desde el patio de acopio hasta la bodega del buque, a través de bandas transportadoras encapsuladas¹.

1.1. LOCALIZACION

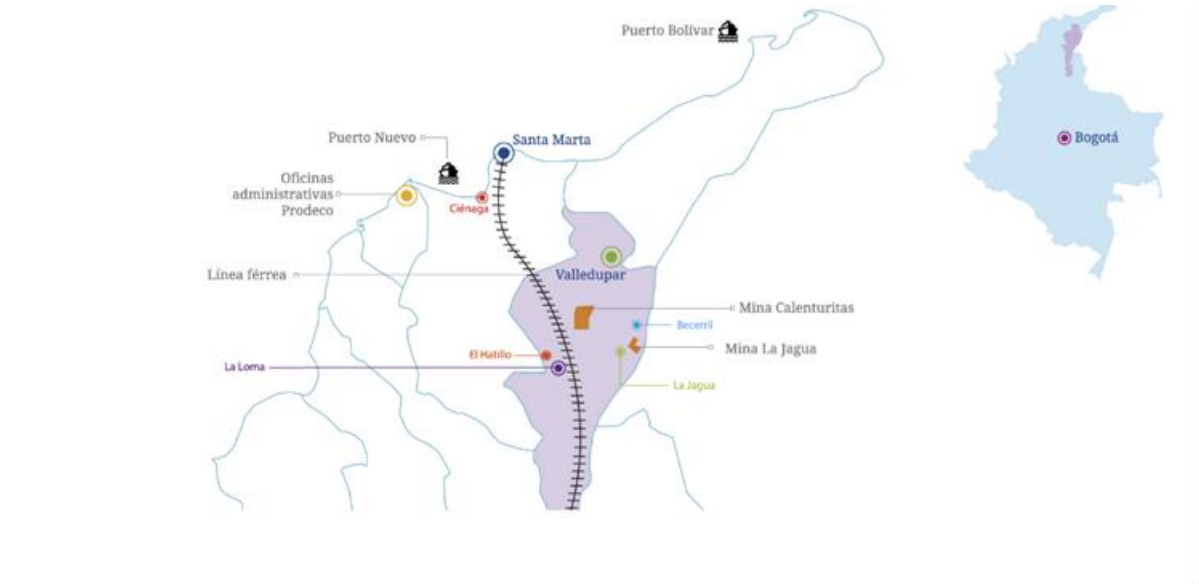
Como se puede observar en la Grafica 1. Las operaciones del Grupo Prodeco se encuentran ubicadas en localidades estratégicas para sus adecuadas funciones las cuales comprenden:

- Mina Calenturitas – La Loma, Cesar
- Mina La Jagua – La Jagua de Ibirico, Cesar
- Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A. – Ciénaga, Magdalena
- Oficinas Administrativas Prodeco – Barranquilla, Atlántico

¹ Grupo C.I. PRODECO S.A. <http://www.grupoprodeco.com.co/es/quienes-somos/grupo-prodeco/>

Además de sus operaciones fijas, su estructura ferroviaria se sitúa a lo largo del Departamento del Cesar y comprendiendo parte del departamento del Magdalena, a la altura del PK 346 + 441 de la línea férrea nacional que de Chiriguaná conduce a Santa Marta², se encuentra la conexión férrea que permite el ingreso del tren a las instalaciones de Puerto Nuevo en Ciénaga.

Grafica 1. Localización de propiedades C.I. PRODECO S.A.



Fuente: Grupo C.I. PRODECO S.A.

1.1.1 Mina Calenturitas.

Calenturitas es una mina a cielo abierto que produce carbón térmico bajo en azufre y de alto poder calorífico. Gracias a su infraestructura de manejo de carbón, la mina Calenturitas es capaz de triturar entre 15 y 17 millones de toneladas de carbón al año y de cargar hasta 23 millones de toneladas en los trenes cada año³.

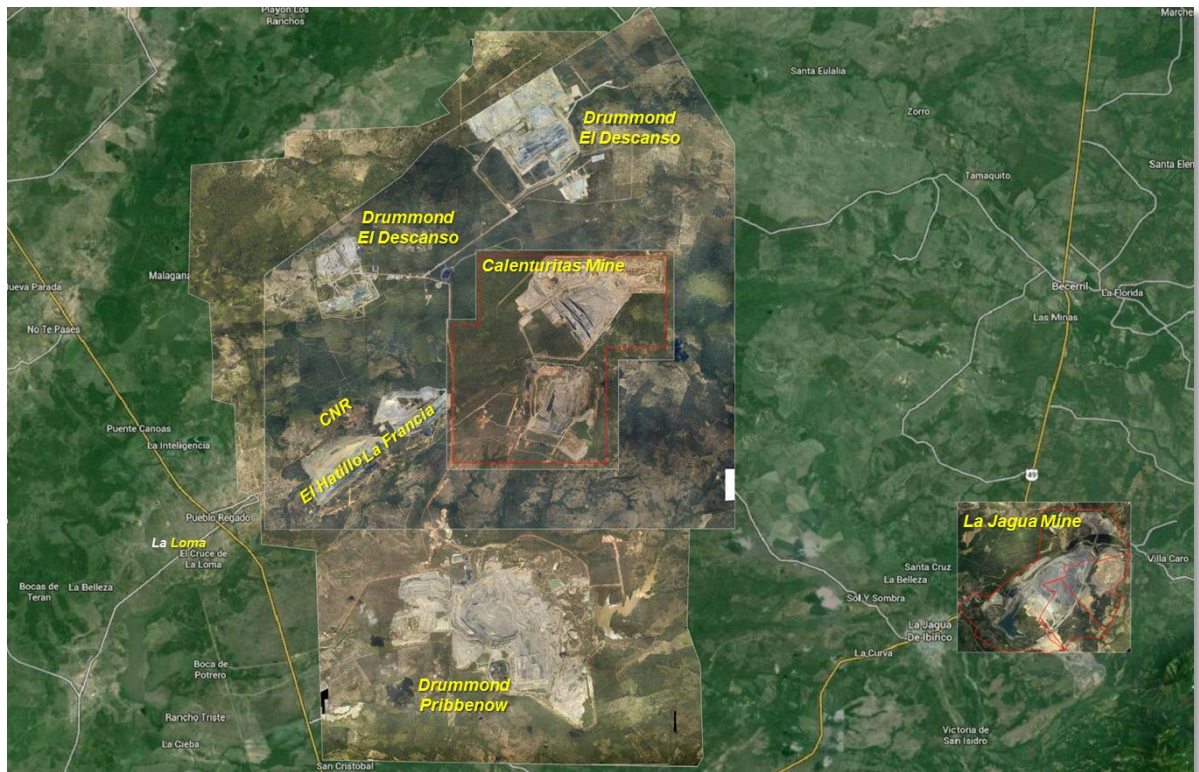
C.I. Prodeco S.A. desarrolla la explotación de la mina Calenturitas, la cual se ubica entre los municipios El Paso, La Jagua de Ibirico y Becerril; en el departamento de Cesar, al norte de Colombia.

² Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A. <http://www.puertonuevo.com.co/index.php/es/structure-and-facilities/infrastructure/cargo-access/>

³ Grupo C.I. PRODECO S.A. <http://www.grupoprodeco.com.co/es/quienes-somos/nuestras-operaciones/mina-calenturitas/>

Mina Calenturitas”, ubicada en los predios La Envidia – El Delirio – El Espejo, en el kilómetro 14 vía carretable La Loma – Plan Bonito, en los municipios de El Paso, Becerril y La Jagua de Ibirico, en el departamento del Cesar.

Grafica 2. Localización mina Calenturitas. C.I. PRODECO S.A.



Fuente: departamento Servicios técnicos mina Calenturitas

La operación realizada Por CI PRODECO S.A. se encuentra totalmente legalizada y formalizada mediante el suscrito contrato de concesión minera No. 044 de 21 de febrero de 1989 con Carbones de Colombia S.A. — CARBOCOL, titular del Aporte Minero No. 871, para adelantar las actividades de gran minería consistentes en la exploración, construcción, montaje y explotación a cielo abierto del depósito de carbón llamado Mina Calenturitas, ubicado en un área de 6.677 ha, localizadas en los municipios de Becerril, El Paso y La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar, con las siguientes coordenadas planas:

Tabla 1. Coordenadas concesión mina Calenturitas C.I. PRODECO S.A.

| PUNTO | NORTE | ESTE |
|-------|--------------|--------------|
| 1 | 1.565.496,68 | 1.062.510,00 |
| 2 | 1.565.496,68 | 1.069.688.89 |
| 3 | 1.562.000,00 | 1.069.688.89 |
| 4 | 1.562.000,00 | 1.068.000,00 |
| 5 | 1.557.000,00 | 1.068.000,00 |
| 6 | 1.557.000,00 | 1.061.906,97 |
| 7 | 1.557.000,00 | 1.061.350.00 |
| 8 | 1.563.000,00 | 1.061.350.00 |
| 9 | 1.563.000,00 | 1.062.510,00 |

Fuente: Actualización EIA Calenturitas (PRODECO, 2007)

1.1.1.1 Conformación de la Mina.

La mina calenturitas se encuentra conformada principalmente por dos frentes de explotación, un Área para mantenimiento de equipos, el Área de trituradora CHF y áreas para la preparación de explosivos, y de oficinas y campamento para el personal interno del complejo. Los frentes de explotación de la mina calenturitas, los cuales se encuentran divididos Niveles de explotación los cuales van en orden ascendente del 1 al 10 y 11 separados cada uno por su respectiva rampa, a su vez subdivididos en paneles de 50 metros comprendidos en sentido Nororiente – Suroccidente, cada 7 paneles conforman un nivel, estos frente están conformados por:

Sector A: Localizado al Noreste del Área de concesión Concesión, teniendo como objetivo final un retrolleado, para su inicio se tuvo la necesidad de desviar el río Calenturitas. Los buzamientos de los mantos oscilan alrededor de los 38° en la parte occidental, entre los 10 y los 24° en el flanco central y entre 41° y 47° En el flanco oriental. Actualmente se encuentra activo y en avance por el nivel 10. (Grafico 3)

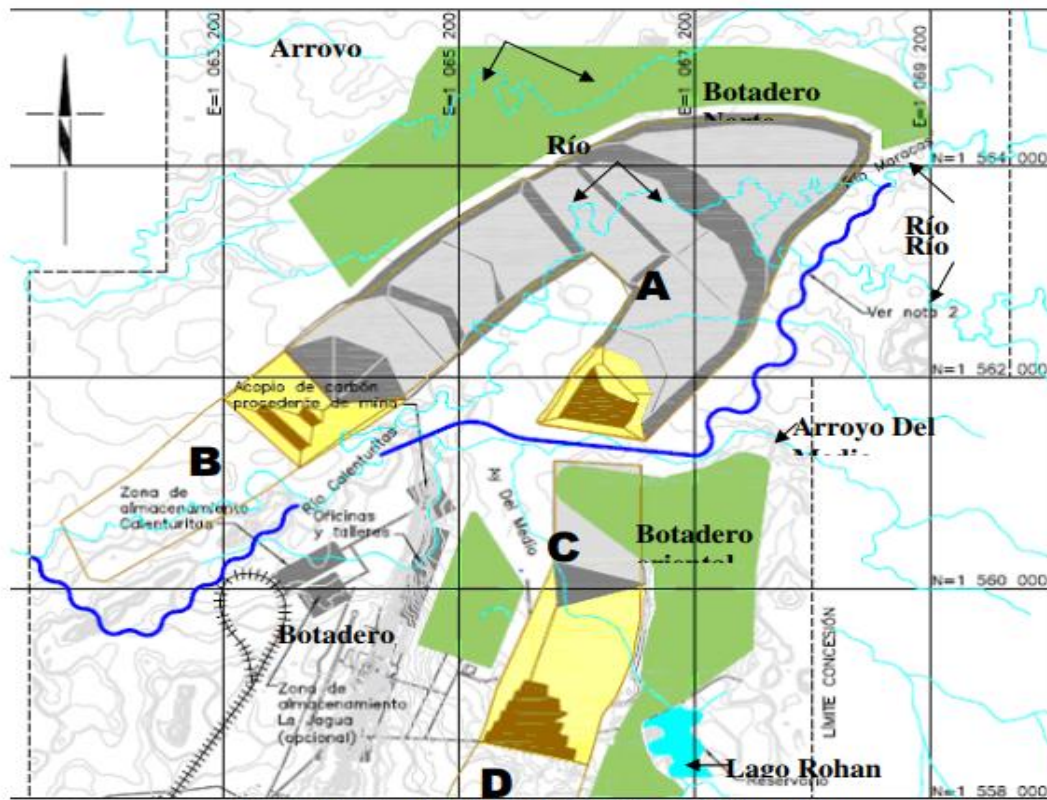
Sector B: Sector planeado para la explotación. Localizado al suroccidente del sector A, y al sur de la desembocadura del arroyo Del Medio en el río Calenturitas. Los buzamientos de los mantos en este sector oscilan entre 38° y 46° de Sur a Este con rumbo de Norte a Este. (Grafico 3)

Sector C: Este sector corresponde al flanco oriental de la estructura sinclinal y se localiza al sur del arroyo Del Medio, reanudando las actividades en este tajo desde

el 2016. Los buzamientos promedios están entre 24° de Norte a Occidente con Rumbo N25°E. Actualmente se encuentra en avance por el nivel 10 (conjunto con el sector D). (Grafico 3)

Sector D: Localizado al Sur del sector C, también formando parte del flanco oriental del Sinclinal, donde los estratos buzán de 42°NW y Rumbo N10°E. Actualmente se encuentra en avance por el nivel 10 (conjunto con el sector C). (Grafico 3)

Grafica 3. Localización Sectores Mina Calenturitas.



Tomada de la radicación 4120-E-84552/07. Figura 3.16 Plan de Cierre

Fuente: Resolución No.0464 6 de marzo de 2009, ANLA.

1.1.1.2 Geología del Yacimiento.

A nivel regional afloran los sedimentos de las formaciones que de la base a techo son: Barco, Cuervos, La Cuesta y Depósitos Cuaternarios. En el Area del proyecto, Mina Calenturitas se encuentran las rocas de la formación Barco y las arcillolitas de la formación Cuervos, junto con depósitos cuaternarios aluviales cuyo espesor se estima menor a 5 metros. La formación de interés corresponde a Cuervos, por ser la poseedora de los mantos de carbón con valor económico,

habiendo identificado 32 mantos, siendo el C410 el primero en la secuencia estratigráfica y el C200/C199 los últimos.

1.1.1.3 Método de Explotación.

El diseño minero de explotación evaluado para el depósito es el de tajo abierto con botadero externo y retrolenado, con banqueo descendente a través de sucesión de escalones que permiten ejecutar los frentes de avances, realizándose en sentido del rumbo de los mantos, con alturas de bancos de 4 a 8 metros, usando excavadoras de tipo frontal y retro y camiones diésel con botadero externo para profundidades menores a 100 m y retrolenado para profundidades superiores a 100 m.

El método minero es de pared alta a pared baja, en el cual la pared baja constituye el plano de avance semi-paralelo al plano de los mantos de carbón, mientras que la pared alta corta estos mantos y constituye una pared final de avance⁴.

1.1.2 Mina La Jagua.

La Jagua es una mina de carbón a cielo abierto que se compone de cinco títulos mineros, pertenecientes a tres sociedades de propiedad de Glencore: Carbones de la Jagua S.A. (CDJ) adquirida en 2005, Consorcio Minero Unido S.A. (CMU) adquirida en 2006 y Carbones El Tesoro S.A. (CET) adquirida en 2007. Después de comprar la totalidad de estas operaciones, Glencore procedió a integrarlas en una sola, con la aprobación del instituto Colombiano de Geología y Minería del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esto implicó la adopción de un plan de gestión ambiental unificado.

1.1.3 Operación Ferroviaria.

El grupo Prodeco tiene la participación accionaria del 39.76% en la sociedad Fenoco S.A. (Fenoco) desde 2006. El Grupo comparte esta participación accionada con otras compañías productoras de carbón en Colombia. En 2011, el Grupo Prodeco era propietario de 16 locomotoras y 700 vagones, una línea férrea por donde transportan de 20 a 22 millones de toneladas de carbón al año. El

⁴ ANLA, Resolución No.0464 6 de marzo de 2009. Por lo cual se modifica un plan de manejo ambiental y se toman las siguientes determinaciones.

transporte en tren no solo incrementa el volumen de carbón transportado entre las minas y el puerto, sino que logra reemplazar 1400 camiones diarios, mejorando significativamente las condiciones ambientales y de seguridad en la región. Adicionalmente, aumentar el volumen de carbón transportado por el tren resulta en mayores regalías e impuestos a la Nación, así como la generación adicional de empleo.

1.1.4 Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A.

En el año 2007, mediante el decreto 3083, el gobierno nacional ordeno que, a partir de Julio de 2010, todos los puertos marítimos de Colombia implementaran el sistema de cargue directo, utilizando bandas transportadoras encapsuladas. En 2010, luego de haber participado en una oferta oficiosa efectuada por el gobierno nacional y después de haber obtenido los permisos y autorizaciones para el efecto, se constituye la sociedad portuaria Puerto Nuevo S.A. e inicia la construcción y montaje de su infraestructura. Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A. es la empresa concesionaria de un puerto de servicio público para la exportación de carbón que opera con un sistema de cargue directo. El puerto cuenta con equipos e infraestructura de la más alta tecnología convirtiéndose en un proyecto pionero en Colombia, cuya capacidad de exportación inicial es de aproximadamente 21 millones de toneladas anuales, con destinos a mercados Norte América, Europa y Asia. Su construcción finalizo en el primer semestre de 2013.

1.2. RESEÑA HISTORICA

Desde el año 1995, la multinacional de origen suizo GLENCORE, se hace de los servicios de la compañía colombiana PRODECO (Productos de Colombia S.A.), junto con la mina Calenturitas, de Cerrejón central y Puerto Zúñiga en Santa Marta. Estos últimos ya no hacen parte de las propiedades de Prodeco. al principio, toda la actividad minera de la mina Calenturitas era desarrollada por MASERING LTDA mientras que los procesos de interventoría de tierras para la concesión minera era realizado por Prodeco, iniciando este último en el año 2004, la ejecución de la totalidad de las actividades mineras en la mina Calenturitas.

Durante la Supervisión de MASERING LTDA. La mina Calenturitas utilizaba para su proceso de extracción mineral, voladuras normales, es decir, solo se perforaba hasta el techo de manto para cuidar no fragmentarlo permitiendo alcanzar voladuras de aproximadamente 80000 a 100000 m³ por banco al día, se utilizaban

planillas de cargue para el control del agente de voladura y al mismo tiempo para el control de PENTOFEX (cebo de pozo) y accesorios de voladura (cordón detonante, retardos, mecha lenta, full, etc.) en vez de perfiles geológicos. Para optimizar el proceso utilizaron Nitrato de Amonio (ANFO) en pozos y terrenos secos, este permitía bajar el factor de cargue por voladura ya que es mucho más económico que la emulsión.

Las ideas innovadoras de Glencore traídas desde Cerrejón buscando que la empresa cuente con aportes tecnológicos que mejoren la efectividad de recuperación del recurso y adquiera agilidad en el avance de la operación, crea la necesidad de implementar una nueva técnica para minar los bancos llamada Voladuras Bajo Manto VBM en 1988, “el cual permitía realizar voladuras por encima y por debajo de un manto de carbón con un solo disparo, el objetivo primordial de esta técnica es volar el material estéril que se encuentra por encima de un manto de carbón hasta la superficie y al mismo tiempo volar la capa de roca intercalada que se encuentre entre el primer manto y consecutiva manteniendo el ese sector totalmente fragmentado.”⁵

1.3. ASPECTOS ESTRATEGICOS

1.3.1 Practica Corporativa.

Nuestros Valores, el Código de Conducta y las Políticas Corporativas y Operativas, se enmarcan en el sistema de gestión para la sostenibilidad y administración corporativa de Glencore, denominado *Glencore Corporate Practice*, GCP. El marco GCP representa nuestro compromiso con las buenas prácticas corporativas, las normas y políticas internas y los requisitos normativos externos vigentes, que todos los que trabajan para Glencore, sin importar su ubicación ni función, deben poner en práctica.

El Grupo Prodeco adoptó la Práctica Corporativa de Glencore como marco de gobierno corporativo, incorporando los Valores, el Código de Conducta y sus Políticas Corporativas y Operativas a las Prácticas Corporativas del Grupo Prodeco (PCGP).

⁵ Enrique Ibarra J. Voladura Bajo Manto.

El Código de Conducta aplica en todas las empresas del Grupo Prodeco y en sus operaciones, incluyendo el transporte y exportación de carbón, así como en las sedes administrativas y de gestión corporativa. Asimismo, es válido para todos los empleados temporales y permanentes, los directores y ejecutivos, así como los contratistas (siempre que estén sujetos a obligaciones contractuales pertinentes) de dichas instalaciones.

Nuestros Valores

Seguridad

Nuestra máxima prioridad en el lugar de trabajo es proteger la salud y el bienestar de nuestra gente. Adoptamos un enfoque proactivo en las áreas de salud y seguridad. Por ello, nuestro objetivo es introducir mejoras continuas para evitar lesiones y enfermedades laborales.

Espíritu empresarial

Nuestro enfoque fomenta en nuestra gente el más alto nivel de profesionalismo, responsabilidad personal y espíritu empresarial, pero sin poner en riesgo su seguridad y bienestar. Este aspecto es importante para nuestro éxito y para lograr los rendimientos superiores que pretendemos alcanzar para todos nuestros grupos de interés.

Simplicidad

Aspiramos a alcanzar nuestros objetivos principales de manera eficaz, con miras a conseguir rendimientos líderes en la industria, pero sin dejar de centrarnos en la excelencia, la calidad, la sostenibilidad y la mejora continua en todo lo que hacemos.

Responsabilidad

Reconocemos que nuestras actividades pueden repercutir en la sociedad y el medioambiente. Nos preocupamos enormemente por nuestro desempeño en lo que respecta a la protección del medioambiente, los derechos humanos, la salud y la seguridad.

Transparencia

Valoramos las relaciones y comunicación abiertas con nuestra gente, los clientes, los proveedores, los gobiernos y la sociedad en general, siempre basadas en la integridad, la cooperación, la transparencia y el beneficio mutuo⁶

1.3.2 Misión.

Nuestro grupo comprende las operaciones en Colombia de GLENCORE para la exportación de carbón térmico y metalúrgico y su infraestructura asociada, nos encargamos de la exploración, producción, transporte y embarcación de nuestro carbón que está destinado a mercados internacionales. Nos esforzamos por la mejora continua de nuestro negocio a través de una gestión personal de primer nivel, el desarrollo de una infraestructura operativa eficiente de bajo costo, la aplicación de sistemas de gestión adecuados y el diseño de políticas que nos permitan ejecutar una operación segura y responsable con la sociedad y el medioambiente.

1.3.3 Visión.

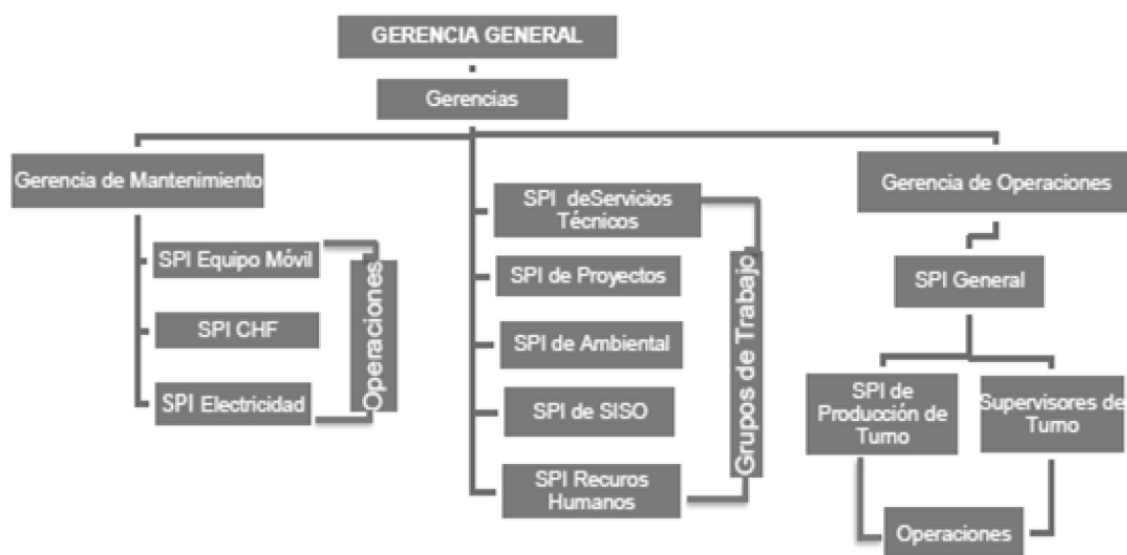
Ser el productor de Carbón más importante de Colombia, mediante la ejecución segura de nuestras operaciones, la promoción de nuestro talento humano, el cuidado de nuestras comunidades vecinas y siendo responsables con el medioambiente donde operamos, como un esfuerzo integral para alcanzar nuestra meta de producción de 21 millones de toneladas por año⁷.

1.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Grafica 4. Estructura organizacional Mina Calenturitas

⁶ Grupo Prodeco. Practica Corporativa.

⁷ Grupo Prodeco, Practica Corporativa.



Fuente: Departamento de Servicios Técnicos Mina Calenturita

1.5. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

El carbón que se extrae de la Mina Calenturitas se clasifica como bituminoso, con alto contenido volátil. Los mantos C200/C199 son los que ofrecen el carbón de mejor calidad en el depósito, con bajas cenizas (1% - 6%), bajo a moderado azufre, poder calorífico en el rango de los 11300 BTU – 12200 BTU, volátiles en el rango de 35% a 40% para C199, C200 y C270, este último también de buena calidad con cenizas en el rango de 4% - 7% y poder calórico en el rango de 11100 BTU a 11500 BTU.

En general la mayoría de los mantos promedian un poder calorífico entre 13800 y 14000 BTU en base seca, libre de ceniza. Los volátiles para todos los mantos están generalmente en el rango de 34% a 38%⁸.

Mina calenturitas cuenta con un patio de acopio con capacidad de 1 millón de toneladas el cual además de almacenar los carbones de su propia extracción como los provenientes de Mina La Jagua, adquiere carbones de otras partes del país (generalmente Santander, Norte de Santander y Boyacá) para su posterior trituración, mezcla y obtención de las calidades y especificaciones requeridas por el cliente.

⁸ ANLA, Resolución No.0464 6 de marzo de 2009. Por lo cual se modifica un plan de manejo ambiental y se toman las siguientes determinaciones.

2. INFORME DE PRACTICA

2.1. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS TECNICOS

Grafica 5. Estructura Organizacional Dpto. Servicios Tecnicos Mina Calmenturitas



Fuente: Departamento de Servicios Técnicos Mina Calmenturitas.

El departamento de Servicios Técnicos de Mina Calenturitas es el encargado de llevar a cabo la planificación de los diferentes procesos operacionales de la explotación minera, asegurando su total viabilidad económica, siguiendo los estándares técnicos y ambientales de la más alta calidad, de los que directamente se derivan la planeación a largo plazo, corto plazo y la superintendencia de distpach.

Los planeadores a largo y mediano plazo son los encargados de llevar las proyecciones de la explotación generadas por los avances realizados en la mina, asegurando la viabilidad de la misma, esto se realiza mediante herramientas como los forecast y Minex, con la primera se calculan los costos de operación estipulados en un periodo de 1 año y un máximo de 4 años siguientes al actual, con el software Minex se realizan las proyecciones de la secuencia minera mes a mes y año a año hasta el final de la explotación, utilizando modelos tridimensionales y calculando las cantidades de estéril y carbón que se pretenden extraer en estos periodos.

La superintendencia de DISTPACH es la encargada de monitorear todas las actividades de la maquinaria pesada en las operaciones, proyectando las operaciones y la producción de las mismas. El área de planeación a corto plazo se encarga de los proceso de Minería, Perforación y Voladura (P&V), Botadero y Obras Civiles, los cuales llevan su labor a cabo gracias al apoyo del personal de geología y geotecnia, diseño de voladuras, topografía y registro. El proceso de planeación a corto plazo consiste en la realización de planes diarios, semanales y mensuales, concertados previamente con el Dpto. de Producción quien es el encargado de la operación extractiva del mineral; lo cual es necesario para llevar una planeación adecuada según el estado de las labores y el área de la operación.

2.1.1 Perforación y Voladura (P&V).

Plan Diario

- ✓ Reunión con topografía P&V y registradores.
- ✓ Reunión en Miradores CD y A.
- ✓ Aviso de voladura.
- ✓ Calculo de volúmenes.
- ✓ Recorrido de campo, control y soporte de campo con supervisor y superintendente.

- ✓ Actualización de planos.

Plan Semanal

- ✓ Secuencia de P&V.
- ✓ Reconciliación semanal de P&V.
- ✓ Presentación plan semanal.
- ✓ Actualización de planos.

Plan Mensual

- ✓ Actualización de planos.
- ✓ Calculo fin de inventario del mes.
- ✓ Estadísticas de P&V – Volúmenes fin de mes.
- ✓ Secuencia de P&V.
- ✓ Reconciliación mensual de P&V.

2.1.2 Minería.

Plan Diario

- ✓ Reconciliación de carbón por turno.
- ✓ Reconciliación de mantenimiento preventivo.
- ✓ Recorrido de campo diario.
- ✓ Reunión con personal de topografía.
- ✓ Plan diario de carbón.
- ✓ Gráficos seguimiento del plan.
- ✓ Reunión Mirador CD y A.

Plan Semanal

- ✓ Pasteo (Actualización base de datos).
- ✓ Parámetros de equipos.
- ✓ Secuencia de palas.
- ✓ Reporte de cantidad y calidad de carbón.
- ✓ Análisis de rutas y secuencia de botaderos.

- ✓ Reconciliación semanal de carbón.
- ✓ Planos de minería.
- ✓ Presentación plan semanal.

Plan Mensual

- ✓ Pasteo (Actualización base de datos).
- ✓ Parámetro de equipos.
- ✓ Secuencia de palas.
- ✓ Reporte cantidad y calidad de carbón.
- ✓ Análisis de rutas y secuencia de botaderos.
- ✓ Procedimiento análisis de rutas para carbón.
- ✓ Reconciliación mensual de carbón.
- ✓ Planos de minería.

2.1.3 Botaderos.

Plan Diario

- ✓ Reunión con topografía botadero.
- ✓ Reunión diaria mirador CD y A.
- ✓ Recorrido de campo, control y soporte con supervisores de botaderos.
- ✓ Distribución de las rutas de botado.
- ✓ Actualización de planos.

Plan Semanal

- ✓ Proyección rutas de acarreo.
- ✓ Calculo volúmenes de botaderos.
- ✓ Presentación plan semanal.
- ✓ Actualización de planos.

Plan Mensual

- ✓ Actualización de planos.
- ✓ Calculo de volúmenes botaderos.
- ✓ Reconciliación mensual botaderos.
- ✓ Secuencia de tutas en Talpac.
- ✓ Presentación plan mensual⁹.

2.2. INFORME DE GESTION

2.2.1 Identificación Área de Trabajo.

La actividad consistió en realizar durante el primer mes del periodo de prácticas, y con el apoyo de los ingenieros de planeación, recorridos diarios por el área de trabajo en los tajos, definiendo así la orientación y ubicación en los mismos mediante la identificación de rampas de acceso, paredes de la mina y mantos de carbón en cada nivel, igualmente se realizó la identificación de los diferentes procesos que se llevan a cabo en las explotaciones como en botadero y la maquinaria que se utiliza para dichos procesos.

También se realizaron proceso de reconocimiento tanto del área administrativa como del área de mantenimiento patio rojo, en donde inicialmente se lleva a cabo una inducción y reinducción en seguridad industrial y sus respectivas políticas para aquellas personas que ingresan por primera vez al complejo minero y al resto de empleados que anualmente deben revalidar este proceso.

2.2.2 Estimación de tiempos perdidos por los movimientos de palas durante procesos de voladura en el Sector A.

La siguiente actividad consistió en la medición de tiempos desde el mirador del sector A, en donde los equipos implicados constituían los equipos de cargue de estéril que se encontraban realizando labores en los niveles más bajos del tajo, inicialmente y luego de identificar dichos equipos, se procedió a tomar los tiempos desde el momento en que este realiza su ultimo cargue de camión hasta el momento en que alcanza la zona segura (ESZ) establecida por el superintendente de P&V encargado del proceso de disparo durante la reunión en mirador, luego del disparo y si el equipo no está programado para servicios de cambio de aceite y/o

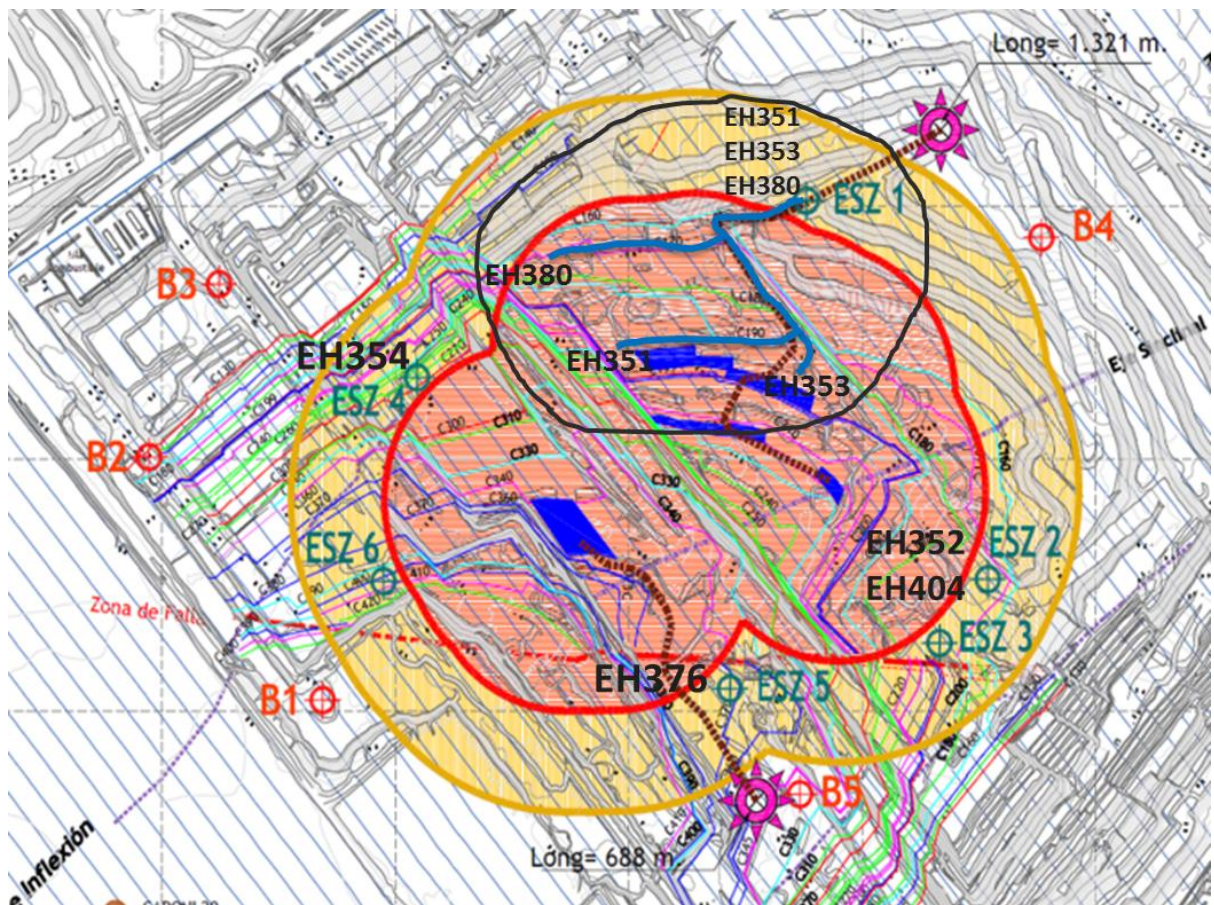
⁹ Estándares de Planeación Minería, P&V y Botaderos. Dpto. de Servicios Técnicos Mina Calenturitas.

tanqueo de combustible, se procede a tomar los tiempos desde el momento que el equipo inicia su traslado desde la zona segura hasta su corte o lugar de labores, este proceso se llevó a cabo durante 4 semanas y se realizaron con el objetivo justificar un aumento para el presupuesto del año 2018.

Los resultados arrojados por este proyecto fueron:

- Demoras promedio entre 15 y 50 minutos de traslado total (ida y vuelta), según la ubicación del equipo, su cercanía con la voladura y las pendientes por las que transite en su traslado, teniendo en cuenta que para estos procesos se tiene como estándar 300 metros de diámetro como zona de influencia para equipos y 500 metros de diámetro para personas, en caso de pozos cortos y voladuras en la cara libre se aumenta el diámetro de influencia en 350 y 550 respectivamente (grafica 6).
- Tiempos inoperativos entre 1.15 y 2.00 horas, teniendo en cuenta que durante los procesos de voladura el personal operativo de los sectores más bajos tarda más tiempo en evacuar la zona de influencia y luego se encuentra en su tiempo de almuerzo, además que, los equipos de cargue que se encuentran dentro de la zona de influencia entre 300/350 y 500/550 metros, no están disponibles para realizar servicios de combustible y/o aceite durante el proceso de voladura, lo que los inhabilita por un promedio de 45 minutos luego del proceso para su vuelta a la operación (tabla 2).

Grafica 6. Rutas de evacuación de las palas EH380, EH351 y EH353 el día 24/10/2017



Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 2. Muestreo de tiempos de traslado (min) y operativos (hh:mm) el día 24/10/2017

Movement

| Shovel ID ▾ | Time to ESZ (min) | time back to operation (min) | Movement |
|--------------------|-------------------|------------------------------|--------------|
| EH351 | 36 | 20 | 56 |
| EH352 | 4 | 55 | 59 |
| EH353 | 33 | 17 | 50 |
| EH354 | 11 | 15 | 26 |
| EH376 | 12 | 11 | 23 |
| EH380 | 22 | 25 | 47 |
| EH404 | 12 | 20 | 32 |
| Grand Total | 18.57 | 23.29 | 41.86 |

- EH352 was on a programmed fuel service after blasting time.

Operation

| Shovel ID ▾ | Operation stop time | Operation start time | inoperative time (hh:mm) |
|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| EH351 | 12:16:00 PM | 2:19:00 PM | 2:03 |
| EH352 | 12:28:00 PM | 2:12:00 PM | 1:44 |
| EH353 | 12:18:00 PM | 1:58:00 PM | 1:40 |
| EH354 | 12:12:00 PM | 1:35:00 PM | 1:23 |
| EH376 | 12:12:00 PM | 1:43:00 PM | 1:31 |
| EH380 | 12:11:00 PM | 2:14:00 PM | 2:03 |
| EH404 | 12:20:00 PM | 1:37:00 PM | 1:17 |
| Grand Total | 12:16:43 PM | 1:56:51 PM | 1:40 |

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 3. Promedios consolidados del proyecto

| Consolidated Averages | |
|-----------------------------------|-------|
| Inoperative time Avg. (hh:mm) | 1:30 |
| Time to ESZ Avg. (min) | 15.11 |
| Time back to operation Avg. (min) | 15.77 |
| Movement time Avg. (min) | 30.89 |

Fuente: Autor del proyecto

2.2.3 Aprendizaje acerca del diseño de mallas de perforación para voladura.

Con el apoyo del geólogo de diseño P&V Jhon Giraldo, se llevó a cabo un proceso de aprendizaje con aplicación en situaciones reales utilizando coordenadas topográficas de la mina, donde se utilizó el módulo BLAST del software GEOVIA Minex – Dassault Systems; proceso que tuvo duración de dos semanas, en donde se obtuvieron conocimientos acerca del diseño de pozos para su perforación, teniendo en cuenta todos los estándares y parámetros para un óptimo desarrollo del proceso de P&V y la obtención de los resultados esperados al ejecutarlo.

2.2.4 Aprendizaje tareas de supervisión en campo.

La Actividad consistió en el acompañamiento y observación de los trabajos los cuales se le encarga día a día a un supervisor de campo en Mina Calenturitas, con el apoyo del supervisor de producción del sector CD Carlos Portillo, se identificaron y ejecutaron los procesos de taluceo y perfilado de paredes y bancos, las labores diarias en los carbones a destapar y la preparación de áreas para entregarlas para perforación y voladura.

2.2.5 Apoyo en mantenimiento base de datos P&V.

Con el soporte del ingeniero de planeación en P&V Karol Rocha y el geólogo de diseño P&V Jhon Giraldo, se realizó una actualización de las diferentes funcionalidades que conforman la base de datos, con el fin de optimizar aún más sus procesos y cálculos. Para ejecutar esta actividad se vio necesario un aprendizaje de todo lo concerniente al proceso de perforación y voladura, desde la actualización del plano de voladuras en Minex, hasta el cálculo de volúmenes volados diariamente.

2.2.6 Instrucción de tareas de perforación y voladura.

Durante la semana del 12 al 16 de Febrero, y con la supervisión del superintendente de perforación y voladura, el ingeniero de minas Guillermo Serrano, se tuvo la oportunidad de evidenciar los procesos realizados en la planta de Orica como la mezcla, almacenamiento y embarque de explosivos en los camiones magazine, como los procesos de perforado y cargue de barrenos en áreas destinadas para voladura, siguiendo las directrices del ingeniero se analizaron los diseños de mallado en pro de un proceso eficiente y finalmente se prosiguió con el proceso de disparo de las voladuras diarias.

3. PROPUESTA DE INVESTIGACION

3.1 ANÁLISIS COMPARATIVO EN LOS CICLOS DE ACARREO PARA CAMIONES HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C Y CAT 793D Y ACTUALIZACIÓN DE DATOS EN SOFTWARE TALPAC DE LA MINA CALENTURITAS, PROPIEDAD DE C.I. PRODECO S.A. EN EL MUNICIPIO DE LA LOMA, CESAR.

3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el entorno de la minería, desde sus etapas más tempranas en la prospección y exploración del recurso mineral hasta sus fases finales en el cierre y abandono del proyecto, la planeación se sitúa como uno de los pilares principales en el proceso paso a paso de toda la operación. Realizar una excelente planeación en minería requiere una fluida conexión tanto de lo que se pretende realizar según los antecedentes e información establecida en bases de datos y reportes del área a intervenir, como lo que se evidencia en campo durante el día a día de la operación, ya que tomando en cuenta todas las variables que se puedan reconocer enfrentando lo planeado con lo real y mediante el establecimiento de un plan de trabajo detallado y extensivo, se asegura la rentabilidad de la operación.

Las actividades de cargue y acarreo de material estéril son parte esencial en el proceso de minado de toda operación extractiva, en nuestro caso del sistema de explotación a cielo abierto, el movimiento de tierra para descapotar el mineral a extraer resulta sumamente oneroso debido a los altos costos de la maquinaria a utilizar, el personal que se necesita para el proceso y el tiempo que implica dicha actividad, por lo cual es crucial identificar los factores que pueden intervenir con el objetivo del cumplimiento de metas trazadas en el plan de trabajo, para así establecer las diferentes estrategias y garantizar una alta eficiencia y productividad.

Actualmente en la mina Calenturitas, se evidencian algunas demoras en el proceso operativo lo cual ocasiona bajas productividades para los equipos que intervienen en este, los ciclos de cargue y acarreo se planean mediante la implementación del software Talpac, la cual es una herramienta diseñada para evaluar y optimizar mediante la simulación, el rendimiento de la flota utilizada en la operación minera. Se considera pertinente realizar un proceso de muestreo diario de un módulo minero diferente, cotejar y calibrar software con los datos obtenidos para así obtener una mirada mucho más cercana a lo evidenciado en campo para

posteriormente identificar los factores que afecten la operación en cuestión y proponer estrategias para su mejora. Partiendo de lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

¿Qué mejoras y recomendaciones puede proporcionar la actualización de las bases de datos de los ciclos de cargue y acarreo de los camiones HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C y CAT 793D a la productividad de la flota?

3.3 JUSTIFICACION

Se considera realizar el proyecto debido a la importancia que presenta para la empresa la planeación de sus operaciones mineras en pro de maximizar su productividad y aumentar su margen de ganancia asegurando una viabilidad en el negocio. Para ello se debe llevar un registro detallado de las actividades de sus equipos para el ordenamiento de los procesos que se llevan a cabo en el día a día de las operaciones realizadas, además de una mirada crítica detallada hacia la factibilidad que se consideró al adquirir maquinaria minera de segunda mano apuntando directamente hacia los usos y disponibilidades que presenten dichos equipos en pro de conseguir un aumento de la productividad.

Con este proyecto se busca actualizar las bases de datos en cuanto al rendimiento de la flota de camiones HITACHI y CAT de grandes capacidades de tonelaje, incluyendo los nuevos equipos de acarreo de estéril (de segunda mano) adquiridos por la mina se refiere, realizando un extensivo muestreo de tiempos de los ciclo de acarreo de estos y comparando mediante la utilización de las mismas rutas de botado, con equipos de la misma referencia los cuales ya presentan cifras establecidas en dichas bases de datos, utilizando el software minero Talpac, el cual se utiliza para analizar el desempeño de las flotas de equipos existentes e investigar la viabilidad de la aplicación de nuevas flotas a la operación, mediante el cálculo de factores como tamaño de balde para las palas y tiempos óptimos para rutas de acarreo para determinar la productividad según los objetivos que se requieran, ya sean a un corto o largo plazo en términos de planeación.

La calibración de las muestras obtenidas en campo junto con los tiempos establecidos por planeación nos permitirán tener una vista más crítica de la situación que actualmente se evidencia en cada recorrido de los sectores, identificar las fallas que nos están afectando en la productividad e implementar las medidas que sean necesarias y acorde al presupuesto para un mejoramiento de







esta; con el uso del software Talpac no solo podremos visualizar nuestras rutas planeadas y reales a manera de simulaciones en tiempo real, además de eso nos brindará variadas alternativas de soluciones para la optimización que se busca, evaluando los costos, rendimientos de maquinaria, tipo de material a cargar, variables en el cargue y acarreo de las flotas, es por esto la importancia de esta herramienta para el desarrollo económico de la compañía.

3.4 OBJETIVOS

3.4.1 General.

Analizar y comparar los ciclos de acarreo para camiones HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C y CAT 793D por medio de muestreo y actualización de datos en software Talpac de la mina Calenturitas, propiedad de C.I. PRODECO S.A. en el municipio de La Loma, Cesar.

3.4.2 Específicos.

-  Identificar flotas de equipos de acarreo utilizados en operaciones mineras de Mina Calenturitas.
-  Reconocer las diferentes combinaciones entre palas y camiones también conocidos como matches, implementados en la operación minera.
-  Determinar los tiempos de cargue y transporte de los equipos de acarreo HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C y CAT 793D planeados ya establecidos.
-  Realizar por cronometro una toma de tiempos de los diferentes procesos que implican el ciclo de cargue y acarreo de los camiones mineros HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C y CAT 793D utilizados en la operación.
-  Construir una base de datos para la actualización de planes de camiones a partir de los tiempos recolectados.
-  Calibrar la base de datos en el software Talpac.

- ✚ Establecer los tiempos promedio de ciclos de acarreo para los camiones HITACHI EH3500, EH4000, CAT 777F, CAT 789C y CAT 793D en la planificación de rutas diseñadas por el departamento de servicios técnicos.

3.5 RESULTADOS ESPERADOS

Con la actualización de la base de datos de tiempos reales en el cargue y acarreo de camiones se busca conocer a fondo los diferentes tiempos que conforman sus ciclos en el día a día de las operaciones los cuales nos están llevando a las productividades obtenidas actualmente, y basándonos en la planificación semanal realizada por el dpto. De Servicios Técnicos, se busca identificar las falencias que al momento afectan los rendimientos de las flotas y, junto con las posibles soluciones que nos suministra el software minero Talpac, buscar alternativas para conseguir una optimización de la actividad evaluada.

Se analizaran conceptos básicos como sobrecargas, filas de camiones, plazas de cargue, y muchas otras variables inmersas en el proceso que concierne a los ciclos de cargue y transporte de material estéril.

Al finalizar este proyecto se espera la utilización de la base de datos resultado del muestreo como referencia en futuras investigaciones y estudios de costos y rendimiento de las flotas mineras de la compañía.

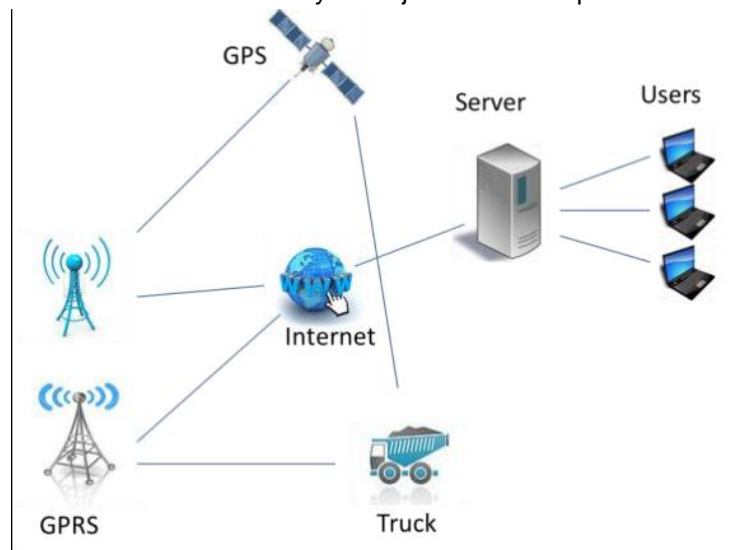
3.6 ANTECEDENTES

OPTIMIZACIÓN DEL MODELO DE CICLO DE TRANSPORTE PARA LA MINERÍA A CIELO ABIERTO USANDO UN SIMULADOR DE EVENTOS DISCRETOS Y UN SISTEMA DE ALERTA BASADA EN CONTEXTO. Vasquez Coronado Pedro Pablo, The University of Arizona, 2014.

La investigación comprende la ejecución de un sistema de alerta para notificar a los supervisores de producción cuando alguno de los indicadores del ciclo, específicamente en el cargue de camiones, se encuentren por debajo de las cifras planeadas, así asegurarse de mantener un rendimiento óptimo de las operaciones.

Se utilizaron varios softwares para la predicción de costos y simulaciones de rutas como TALPAC, FPC de Caterpillar, Arena y métodos estadísticos entre otros, esto con el fin de calcular satisfactoriamente sobre cuales parámetros se registraría la alerta.

Grafica 7. Monitoreo y manejo de flota en operación.



Fuente: Vásquez Coronado Pedro Pablo

Después de haber realizado un ciclo de acarreo simulado en la mina experimental con distintos tipos de modelos en dos casos (Operaciones de inicio y pico), se identificaron y analizaron los problemas de rendimiento, lo que permitió un enfoque de diagnóstico general, resultando en una hipótesis de investigación, y la validación de una solución propuesta. Fue posible desarrollar una serie de conclusiones y proporcionar recomendaciones para el mejor desarrollo de un sistema de transporte de minas.

MEJORAS EN LAS ESTIMACIONES DE REQUERIMIENTO DE CAMIONES USANDO ANÁLISIS DETALLADO DE TRANSPORTE. Doig Patrick, Kizil Mehmet S., University of Wollongong, Queensland, Australia, 2013.

El objetivo del trabajo en curso para este proyecto de investigación fue cuantificar el valor agregado a través de detalles adicionales en el análisis de acarreo, específicamente, el beneficio de cambiar con frecuencia los caminos de acarreo. A Para facilitar este proceso, se analizaron diecinueve escenarios de transporte con diversos detalles, utilizando uno de los sistemas de mayor acogida en la minería, Talpac, han automatizado el cálculo de rutas de camiones. Esto ha permitido reducir el potencial de ubicaciones de minería y descarga en otras más pequeñas porciones, es decir, bloque y banco. A partir de esto, múltiples opciones para rutas de transporte y destinos pueden ser calculado para lograr mejor un objetivo predefinido. Además se creó el modelo geológico y la topografía.

Del análisis realizado, se estableció una relación clara identificado entre la disminución de la frecuencia de cálculo de la ruta de acarreo y el error de varianza inversa de la media del tiempo del ciclo.

La investigación mostró que realizar dos análisis de transporte en lugar de uno solo para una tira puede afectar los tiempos de ciclo del camión calculados del 6% al 14%. Además, se encontró que los cambios en la distancia horizontal desde la pared final fueron más significativos que el cambio vertical para la tira analizada.

METODOS DE SIMULACION DE CICLOS DE ACARREO EN MINERIA DE SUPERFICIE. Andre James Krause, University Of The Witwatersrand, Johannesburg, 2006.

En este estudio se investigaron factores que afectan directamente la producción como la carga útil del camión, el tiempo del ciclo y el dominio del operador, analizando mediante varios sistemas de simulación como Talpac, Arena, Elbrond, FPC y otros modelos de simulación de reparación de máquinas para explicar

cómo contribuyen a las diferencias en la eficiencia del ciclo reportado como indicado por los resultados de productividad.

Las observaciones realizadas a uno de los modelos estudiados fueron:

- ✓ Calcular el tiempo del ciclo implica calcular el tiempo de espera.
- ✓ La cantidad de camiones, servidores y la disciplina de cola (curso de recorrido) en el sistema es muy importante para calcular el tiempo del ciclo.
- ✓ La relación TS *Tiempo de servicio* / RT *Tiempo de Retorno* que se refiere al emparejamiento de pala es también incluido en este modelo y, en efecto, subraya la importancia de tener correcta coincidencia de camión y pala.
- ✓ Se resalta la importancia de calcular con precisión el tiempo de viaje. Incorpora características específicas de la máquina como capacidad de pendiente y retardabilidad específico del segmento, una función del $RR\%$ *Resistencia al rodamiento* y $GR\%$ *Resistencia a la gradiente* para ese segmento y el la habilidad del operador para engranar correctamente la máquina).
- ✓ Los 3 factores más importantes de producción: carga útil, tiempo de ciclo y operador.

Talpac usa una simulación basada en distribuciones que se ajustan a la carga útil del balde de la excavadora, tiempo de ciclo del cargador, carga útil del camión, tiempo de viaje del camión y disponibilidad de mantenimiento del camión (carga útil, tiempo de ciclo y competencia del operador).

Arena proporciona una presentación gráfica de camiones y cargadores como entidades durante una ejecución de simulación que permite al operador supervisar y controlar las operaciones lógicas programadas. Además del proceso de validación visual, un beneficio adicional de ver visualmente un progreso de simulación es que se pueden descubrir otras características o fenómenos específicos del sistema que se pueden usar en el análisis de escenarios.

El estudio concluye con un cálculo del tamaño de la flota de camiones utilizando Modelos Talpac, Arena y otros tipos de modelos para la mina de carbón Optimum Colliery y luego compara los resultados y su correlación.

Los principales hallazgos son que el cálculo del tiempo de espera es diferente para los diversos modelos, cada modelo ofrece una solución de tamaño de flota única y cualquier solución en vigor representa un rango de resultados

3.7 MARCO TEORICO

ESTERIL.

Aquel material el cual no representa ningún valor económico, generalmente constituido en roca, el cual cubre o es adyacente a un depósito de mineral, el cual debe ser removido antes de la extracción de este último.

CARGUE.

Aquella actividad parte del proceso extractivo de un material, que consiste en recoger la mayor cantidad posible de material con equipos diseñados con un brazo extensible y balde de una capacidad especifica al final de su estructura y depositarlo en la parte trasera de un equipo diseñado para el transporte de este material, por lo general. En minería, el cargue de material productivo y no productivo es una actividad diaria ya sea en explotaciones a cielo abierto como en minería subterránea, y es utilizado también en la parte de remoción de capa vegetal para su almacenamiento.

TRANSPORTE.

En minería se refiere a la actividad complementaria al cargue de material productivo y no productivo, que se realiza por medio de camiones de capacidades específicas, también complementarias a la capacidad de la maquina implementada para el cargue de estos, el material transportado en la parte trasera de los camiones es llevado, según lo establecido previamente por la planeación de la empresa, hacia el lugar donde sea requerido.

En el sector extractivo generalmente esta actividad es realizada tanto con el mineral de valor económico para la compañía, el cual según sea el caso se lleva al patio de acopio a una trituradora y/o planta de beneficio de mineral, como para el material estéril, el cual se transporta hacia los botaderos dispuestos o como material de construcción para vías y trabajos también dispuestos por el personal encargado de la compañía; el transporte de material vegetal producto de su remoción también hace parte de este grupo, siendo este transportado hacia sitios dispuestos para su almacenamiento y posterior uso.

TIEMPOS DE CICLOS DE CAMION.

Es el tiempo por medio del cual se delimita un ciclo de acarreo ya sea de estéril o mineral, comenzando y terminando en el momento que el camión ingresa a la plaza o lugar de cargue del material, En donde luego de realizado el cargue, el camión comienza viaje con material, el cual deposita en un lugar específico para finalizar retornando sin carga alguna. El tiempo de ciclo cual esta generalmente conformado por los tiempos de: Espera, aculatamiento en cargue, cargue, viaje cargado, aculatamiento en botado, botado y viaje vacío. Según la planeación minera, para asegurar el cumplimiento de las productividades planeadas y contemplando posibles retrasos y la cantidad de variables que se presentan en el desarrollo de dichos tiempos, estos se han dividido en los grupos que a su vez conforman el ciclo de camión, los cuales son los tiempos fijos (espera, aculatamiento en cargue, cargue, aculatamiento en botado, botado) y tiempos variables (viaje lleno y viaje vacío).

PRODUCTIVIDAD.

Es la rata de producción instalada propia de cada equipo, la cual puede variar dependiendo del entorno en la cual opera, es un elemento representativo a la hora de medir la efectividad en minería extractiva y determina los costos y muchas otras variables de la operación, se expresa en forma de producto generado sea por toneladas extraídas de mina (TM/hombre-guardia), por metros de avance en las exploraciones y desarrollos (m de avance/hombre-guardia), por producción de finos (onzas/kW-h-turno) o en general productos (Toneladas métricas); Para el estudio de nuestro proyecto y determinado por planeación en Mina Calenturitas son medidas como metros cúbicos banco por hora (bcm/h).

TIEMPO DE ESPERA.

Aquel lapso de tiempo que transcurre desde el momento que el camión ingresa a la plaza de cargue de material, hasta el momento en el que la pala se encuentra disponible para iniciar el cargue de este, en términos de planeación está considerado como un tiempo fijo y para este se consideran variables como los tiempos inoperativos por topografía, la cantidad camiones en espera, la dinámica del ciclo, los cambios de turno, el arreglo de plaza por parte de los equipos auxiliares y los traslados entre sitios de labor del equipo de cargue.

TIEMPO DE ACULATAMIENTO EN CARGUE.

Consiste en el lapso de tiempo que inicia al finalizar el tiempo de espera, el cual comprende en el momento que el camión comienza un movimiento en curva en sentido de las agujas del reloj (giro 180 grados hacia la derecha) y avanza en

reversa hacia el banco donde recibe el primer baldado del equipo de cargue. Los tiempos de aculatamiento tanto en cargue como en botado son considerados tiempos fijos ya que la gran mayoría no pasan de 50 segundos, la única variable que existe en estos tiempos es la destreza del operador para acular el camión en la posición adecuada para una secuencia de cargue rápido y/o un botado adecuado del material.

TIEMPO DE CARGUE.

El tiempo de cargue comprende desde el momento en que el equipo de cargue deposita la primer carga de su balde en la tolva del camión, hasta el momento en el que deposita la última carga y sonar la bocina, este tiempo es considerado como fijo y es afectado directamente por variables como la destreza del operador de cargue, el tipo de material a cargar (menudo, duro, lodoso), la posición del camión y la capacidad del balde con respecto a la capacidad de carga del camión.

TIEMPO DE VIAJE CARGADO.

Es el tiempo comprendido desde que el camión termina su cargue e inicia su recorrido hacia el lugar de depósito del material que acarrea, estos tiempos son considerados como variables ya que son muchos los factores que lo afectan y por ende no se puede determinar un promedio exacto de duración. Las variables que afectan este lapso de tiempo son: estado de las vías, distancia vertical a recorrer, tipo de camión, capacidad del camión por cantidad de carga transportada, tránsito de equipos en la vía, obstáculos en la vía, distancia entre sitio de cargue y depósito de material.

TIEMPO DE ACULATAMIENTO EN BOTADO.

Al momento del camión en llegar a su sitio destino, este se dispone a depositar el material en el lugar donde le sea indicado por el personal encargado del sitio, al igual que en el cargue, realiza un giro en 18 grados en dirección de las agujas del reloj y avanza en reversa hasta el sitio exacto de deposición del material.

TIEMPO DE BOTADO.

Transcurre desde el momento que el camión se posiciona en el área designada, levanta su tolva para descargar el material y posteriormente realiza un pequeño avance del camión hacia adelante, a manera de “sacudir” levemente la tolva y que quede la menor cantidad de material posible en la tolva, luego este baja su tolva totalmente y el lapso termina al momento de iniciar el movimiento. Es un tiempo fijo ya que prácticamente no cuenta con ninguna variable que lo afecte, a

excepción de alguna falla mecánica en su sistema de cilindros en la tolva, su promedio general es de 50 segundos.

TIEMPO DE VIAJE VACIO.

Al igual que el viaje cargado, comprende el momento en que el camión inicia su movimiento del área de depósito de material hasta su zona de cargue asignada, lo que también lo cataloga como un tiempo variable, por el número de factores que lo afectan. A diferencia del viaje cargado, este presenta un decremento significativo en su duración, ya que son nulas o muy pocas las distancias verticales a recorrer, sumado a eso la velocidad del camión se incrementa al no haber carga en su tolva, el resto de las variables como tráfico y estado de las vías, obstáculos y distancia entre el sitio de botado y de cargue siguen afectando.

DISPATCH

Es un sistema de administración minera a gran escala, que utiliza modernos sistemas de computación y comunicación de datos, junto a lo más avanzado del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el fin de proporcionar asignaciones óptimas en forma automática para camiones, optimizando el acarreo, y permitir al camión alcanzar una asignación óptima y minimizar los tiempos muertos como espera en pala.

Además de controlar los eventos de acarreo y generar la asignación óptima, el sistema va almacenando en una base de datos en tiempo real todos los ciclos realizados por los equipos.

SIMULACION MONTECARLO

Es un método de simulación muy complejo que permite calcular estadísticamente el valor final de una secuencia de sucesos no deterministas (sujetos a variabilidad), como es el caso del plazo o el coste de un proyecto.

En la práctica este análisis consiste en ejecutar varias veces los diferentes sucesos variando aleatoriamente su valor en función de la función estadística que los define, dando como resultado un conjunto de valores finales. Este conjunto de valores permite calcular el valor medio y la variabilidad para el conjunto¹⁰.

CALIBRACION.

¹⁰ Método de Montecarlo en proyectos, Recursos ENPROJECTMANAGEMENT, <https://www.rekursosenprojectmanagement.com/metodo-de-montecarlo/>

Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar), se deben tener lecturas confiables de flujo, estas mediciones deben de verificarse en campo y la mejor forma de asegurar una medición exacta es a través de este proceso.

3.8 METODOLOGIA

3.8.1 Tipo de Investigación.

Investigación Cuantitativa

Se realizará un análisis detallado del proceso de cargue y acarreo con los matches establecidos por la compañía en los que se involucran los camiones objeto de estudio para ser sometidos a medición del tiempo del ciclo de cargue y acarreo de material estéril, tiempos los cuales se almacenarán y filtrarán en una base de datos que posteriormente se compararán con los establecidos por el dpto. De Servicios Técnicos mediante el software Talpac para una evaluación de la productividad de la flota.

Los procesos que involucran el desarrollo del proyecto están orientados a la optimización del rendimiento de la flota, y se dividen de acuerdo con las lineamientos de investigación cuantitativa para obtener resultados lo más exactos posibles dirigidos al análisis y la toma de decisiones de la empresa.

Grafica 8. Modelo metodológico del proyecto



Fuente: Autor del proyecto

3.8.2 Población.

La población objeto de estudio estará conformada por los equipos de cargue y acarreo que operan en la mina Calenturitas, usados para el transporte del material estéril.

Grafica 9. Equipos de cargue de estéril que operan Mina Calenturitas.

CAT 6060 FS



CAP: 37.4 bcm

HITACHI EX1900-6



CAP: 13 bcm

HITACHI EX2500



CAP: 15 bcm

HITACHI EX3600



CAP: 23 bcm

TEREX RH120-E



CAP: 17 bcm

Fuente: Autor del Proyecto

Grafica 10. Equipos de acarreo de estéril que operan en Mina Calenturitas.

HITACHI EH4000



CAP: 220 – 240 ton/ 90 bcm

CAT 793D



CAP: 220 – 240 ton/ 90 bcm

CAT 789C



CAP: 180 – 200 ton/ 72 bcm

HITACHI EH3500



CAP: 180 – 200 ton/ 70 bcm

CAT 777F



CAP: 90 – 110 ton/ 36 bcm

Fuente: Autor del proyecto

3.8.3 Análisis de resultados.

3.8.3.1 Reconocimiento de la flota minera.

Se refiere a la actividad de identificación de la flota minera, realizando la ruta diaria a través de los sectores A y CD con los ingenieros de minas de Servicios

Técnicos, observando cómo se componen los matches y sus principales características.

Grafica 11. Excavadora Hitachi EX3600 cargando camión Hitachi EH4000 mientras que camión CAT 793D espera y Buldócer D10T en espera para arreglar la plaza.



Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 3. Combinaciones o matches existentes en mina calenturitas

| Match | |
|---------------|---------------|
| CAT 6060/793D | EX3600/789C |
| EX3600/793D | EX3600/EH3500 |
| EX3600/EH4000 | RH120-E/777F |
| RH120-E/789C | EX2500/793D |
| EX2500/789C | EX2500/777F |
| EX1900-6/777F | |



Fuente: Elaboración propia

3.8.3.2 Muestreo.

Una vez que la flota minera estuvo identificada se empezó a recopilar información de tiempos, medida en minutos, de las diferentes partes de los ciclos de camiones mineros, compuesta por dos grandes partes del ciclo, carga y transporte, que al mismo tiempo están compuestas en tiempos fijos y tiempos variables, que son

importantes para entender los resultados finales del proyecto y hacer las recomendaciones precisas. Para la toma de muestras se tuvo en cuenta dos métodos al momento de realizarla: en la plaza de cargue y sobre camiones mineros, por ende se vio la necesidad de implementar dos tipos de formatos.

Tabla 4. Formato para muestro en plaza.

|  | | | |  | | |
|---|------------|------------|-----------|---|----------|-----------|
| Date: | | Sector: | | Level: | | |
| Flank: | | Shovel: | | | | |
| Fleet | Time (min) | | | | | |
| # | N°truck | Queue Load | spot Load | load | N°passes | Departure |
| arrival | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| comments | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 5. Formato para muestreo en camiones.

Date: Sector: Level: Flank:

| Fleet | | | Time (min) | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------|----------|------------|----------------|-----------|-----------|---------|-----------|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| # | N° Shovel | N° truck | Queue Load | Spot Time Load | Time Load | N° passes | payload | Travel F. | Queue Dump | Spot Time Mean | Time Mean | Travel E. | Departure | arrival |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |

comments

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 6. Recopilación de muestras obtenidas.

| TOTAL MATCHES SAMPLES | | | | | |
|-----------------------|-----|---------------|------|----------------|-----|
| CAT 6060/793D | 209 | EX2500/789C | 7 | EX2500/793D | 14 |
| EX3600/777F | 2 | EX3600/789C | 445 | EX3600/793D | 296 |
| EX3600/EH4000 | 255 | RH120-E/777F | 167 | RH120-E/789C | 9 |
| EX2500/EH4000 | 1 | EX1900-6/777F | 125 | EX1900-6/789C | 1 |
| EX2500/777F | 102 | EX3600/EH3500 | 210 | RH120-E/EH3500 | 4 |
| TOTAL | | | 1847 | | |

Fuente: Elaboración propia

3.8.3.3 Organización en Base de Datos.

Paralelamente a la toma de muestras y con el apoyo del departamento de Servicios Técnicos, se desarrolló una base de datos que contiene toda la información de los tiempos recolectados durante el proyecto, en la que estos se calculan las productividades actuales por flota y organizar toda la información de los ciclos para ser filtrada por criterio de desviación estándar en la espera y cargue, en donde las muestras producto del filtro se utilizarían para compararlas con los planes semanales.

Tabla 7. Base de datos de tiempos recolectados

| ref pala | N° pala | ref camión | N° camión | Esp. pala | Ac. pala | cargue | ciclo cargue | viaje full | Esp. Botadero | Ac. botadero | botado | viaje vacío | total Ciclo | # pases pala | Hora salida | Hora llegada | match |
|----------|---------|------------|-----------|-----------|----------|--------|--------------|------------|---------------|--------------|--------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 403 | 8.12 | 0.49 | 2.25 | 10.86 | 6.48 | 0.00 | 0.16 | 0.45 | 4.40 | 22.35 | 5 | 9:18 | 9:45 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 403 | 9.19 | 0.54 | 2.19 | 11.92 | 7.47 | 0.00 | 0.19 | 0.36 | 5.47 | 25.41 | 5 | 9:45 | 10:12 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 403 | 7.22 | 0.50 | 2.12 | 9.84 | 7.24 | 0.00 | 0.17 | 0.38 | 5.20 | 22.83 | 5 | 10:12 | 10:36 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 403 | 9.19 | 2.29 | 2.00 | 13.48 | 6.48 | 0.00 | 0.11 | 0.43 | 4.11 | 24.61 | 4 | 10:36 | 11:02 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 8.40 | 0.40 | 2.14 | 10.94 | 7.24 | 0.00 | 0.16 | 0.44 | 4.55 | 23.33 | 5 | 13:17 | 13:42 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 5.46 | 1.52 | 1.51 | 8.49 | 7.34 | 0.00 | 0.12 | 0.45 | 4.38 | 20.78 | 4 | 13:42 | 14:04 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 8.46 | 0.37 | 3.37 | 12.20 | 8.39 | 0.00 | 0.13 | 0.32 | 4.02 | 25.06 | 6 | 14:04 | 14:31 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 7.17 | 0.29 | 2.33 | 9.79 | 8.58 | 0.00 | 0.13 | 0.29 | 4.16 | 22.95 | 5 | 14:31 | 14:54 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 9.34 | 0.26 | 2.21 | 11.81 | 8.41 | 0.00 | 0.13 | 0.33 | 4.37 | 25.05 | 5 | 14:54 | 15:19 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 6.42 | 0.29 | 2.39 | 9.10 | 7.21 | 0.00 | 0.13 | 0.36 | 3.44 | 20.24 | 5 | 15:19 | 15:44 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 8.05 | 0.28 | 2.10 | 10.43 | 7.34 | 0.00 | 0.15 | 0.35 | 4.08 | 22.35 | 5 | 15:44 | 16:08 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 9.32 | 0.33 | 2.17 | 11.82 | 9.54 | 0.00 | 0.13 | 0.36 | 4.03 | 25.88 | 5 | 16:08 | 16:33 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | 789C | 314 | 11.14 | 0.26 | 2.16 | 13.56 | 9.23 | 0.00 | 0.14 | 0.35 | 3.42 | 26.70 | 5 | 16:33 | 17:00 | EX3600/789C |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 4.28 | 0.51 | 2.10 | 6.89 | 9.50 | 0.00 | 0.13 | 0.23 | 6.21 | 22.96 | 4 | 8:30 | 8:53 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 2.33 | 0.29 | 2.34 | 4.96 | 8.14 | 0.00 | 0.12 | 0.27 | 6.37 | 19.86 | 4 | 8:53 | 9:15 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 0.15 | 0.35 | 2.18 | 2.68 | 9.28 | 0.00 | 0.16 | 0.26 | 5.37 | 17.75 | 5 | 9:15 | 9:33 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 1.08 | 0.26 | 2.20 | 3.54 | 7.49 | 0.00 | 0.20 | 0.30 | 5.09 | 16.62 | 5 | 9:33 | 9:52 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 2.49 | 0.55 | 2.49 | 5.53 | 8.30 | 0.00 | 0.20 | 0.33 | 4.05 | 18.41 | 5 | 9:52 | 10:12 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 4.05 | 0.34 | 2.19 | 6.58 | 8.01 | 0.00 | 0.16 | 0.38 | 6.24 | 21.37 | 4 | 10:12 | 10:35 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 4.36 | 0.48 | 2.14 | 6.98 | 7.57 | 0.00 | 0.14 | 0.31 | 6.03 | 21.03 | 5 | 10:35 | 10:58 | EX3600/EH3500 |
| RH120-E | EH357 | EH3500 | 401 | 0.00 | 0.14 | 4.34 | 4.48 | 8.50 | 0.00 | 0.14 | 0.44 | 6.41 | 19.97 | 6 | 10:58 | 11:20 | RH120-E/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 401 | 2.55 | 0.41 | 2.23 | 5.19 | 8.13 | 0.00 | 0.06 | 0.18 | 7.09 | 20.65 | 5 | 12:09 | 12:45 | EX3600/EH3500 |
| RH120-E | EH357 | EH3500 | 401 | 3.03 | 0.30 | 5.10 | 8.43 | 8.22 | 0.00 | 0.13 | 0.41 | 6.16 | 23.35 | 7 | 12:45 | 13:09 | RH120-E/EH3500 |
| RH120-E | EH357 | EH3500 | 401 | 4.10 | 0.34 | 4.16 | 8.60 | 6.57 | 0.00 | 0.24 | 0.37 | 6.27 | 22.05 | 7 | 13:09 | 13:32 | RH120-E/EH3500 |
| RH120-E | EH357 | EH3500 | 401 | 0.50 | 0.12 | 6.38 | 7.00 | 6.59 | 0.00 | 0.33 | 0.50 | 5.58 | 20.00 | 7 | 13:32 | 13:52 | RH120-E/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 392 | 18.00 | 0.35 | 2.18 | 20.53 | 6.58 | 0.00 | 0.29 | 0.43 | 5.13 | 32.96 | 4 | 15:10 | 15:44 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 392 | 21.42 | 0.36 | 2.50 | 24.28 | 7.28 | 0.00 | 0.11 | 0.51 | 5.03 | 37.21 | 5 | 15:44 | 16:23 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH350 | EH3500 | 392 | 14.48 | 0.27 | 3.20 | 17.95 | 6.57 | 0.00 | 0.16 | 0.56 | 5.35 | 30.59 | 5 | 16:23 | 16:56 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.00 | 0.18 | 2.29 | 2.47 | 11.53 | 0.00 | 0.17 | 0.29 | 9.17 | 23.63 | 5 | 9:01 | 9:24 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.00 | 0.17 | 2.38 | 2.55 | 10.40 | 0.00 | 0.24 | 0.24 | 8.07 | 21.50 | 5 | 9:24 | 9:48 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 4.29 | 0.45 | 2.13 | 6.87 | 12.17 | 0.00 | 0.21 | 0.41 | 8.44 | 28.10 | 5 | 9:48 | 10:17 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH406 | EH3500 | 399 | 1.08 | 0.24 | 3.03 | 4.35 | 13.13 | 0.00 | 0.15 | 0.39 | 8.57 | 26.59 | 6 | 10:17 | 10:51 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.00 | 0.38 | 2.37 | 2.75 | 11.42 | 0.00 | 0.27 | 0.59 | 9.10 | 24.13 | 6 | 10:51 | 11:14 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH406 | EH3500 | 399 | 0.22 | 0.27 | 2.39 | 2.88 | 11.44 | 0.00 | 0.12 | 0.30 | 9.05 | 23.79 | 6 | 11:14 | 11:39 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.00 | 0.26 | 2.29 | 2.55 | 11.21 | 0.00 | 0.22 | 0.37 | 9.19 | 23.54 | 6 | 11:39 | 12:03 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.00 | 0.35 | 2.21 | 2.56 | 11.58 | 0.00 | 0.26 | 0.45 | 8.51 | 23.36 | 5 | 12:03 | 12:28 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 3.09 | 0.31 | 2.33 | 5.73 | 10.28 | 0.35 | 0.25 | 0.43 | 10.07 | 27.11 | 5 | 12:28 | 12:53 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 4.43 | 0.36 | 2.56 | 7.35 | 13.35 | 0.00 | 0.24 | 0.57 | 8.48 | 29.99 | 6 | 12:53 | 13:18 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 399 | 0.34 | 0.29 | 2.08 | 2.71 | 11.37 | 0.00 | 0.51 | 0.47 | 9.30 | 24.36 | 5 | 13:18 | 13:43 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 0.58 | 0.38 | 1.53 | 2.49 | 14.22 | 0.00 | 0.26 | 0.59 | 11.15 | 28.71 | 5 | 8:39 | 9:08 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 1.27 | 0.49 | 2.32 | 4.08 | 13.23 | 0.00 | 0.40 | 0.58 | 10.22 | 28.51 | 5 | 9:08 | 9:38 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 0.00 | 1.14 | 2.12 | 3.26 | 14.09 | 0.00 | 0.24 | 0.50 | 8.54 | 26.63 | 5 | 9:38 | 10:06 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 0.17 | 0.34 | 2.07 | 2.58 | 15.17 | 0.00 | 1.18 | 0.59 | 10.50 | 30.02 | 5 | 10:06 | 10:37 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 5.43 | 0.28 | 2.33 | 8.04 | 15.21 | 1.31 | 0.53 | 0.54 | 12.26 | 37.89 | 5 | 10:37 | 11:17 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 0.34 | 0.41 | 2.15 | 2.90 | 16.57 | 0.00 | 0.38 | 0.54 | 9.35 | 29.74 | 6 | 11:17 | 11:51 | EX3600/EH3500 |
| EX3600 | EH409 | EH3500 | 388 | 0.05 | 0.31 | 2.41 | 2.77 | 14.56 | 0.00 | 0.47 | 0.50 | 11.49 | 29.79 | 5 | 11:51 | 12:24 | EX3600/EH3500 |

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 8. Muestras en plaza de cargue, en camiones y matches a evaluar.

| TOTAL MATCHES SAMPLES | | IN TRUCK | AT LOADING PLACE |
|-----------------------|------|----------|------------------|
| CAT 6060/793D | 209 | 19 | 190 |
| EX2500/789C | 7 | 0 | 7 |
| EX3600/777F | 2 | 1 | 1 |
| EX3600/789C | 445 | 19 | 426 |
| EX3600/793D | 296 | 0 | 296 |
| EX3600/EH3500 | 210 | 63 | 147 |
| EX3600/EH4000 | 255 | 0 | 255 |
| RH120-E/777F | 167 | 17 | 150 |
| RH120-E/789C | 9 | 4 | 5 |
| RH120-E/EH3500 | 4 | 0 | 4 |
| EX2500/793D | 14 | 0 | 14 |
| EX2500/EH4000 | 1 | 0 | 1 |
| EX2500/777F | 102 | 0 | 102 |
| EX1900-6/777F | 125 | 27 | 98 |
| EX1900-6/789C | 1 | 1 | 0 |
| TOTAL | 1847 | 151 | 1696 |

MATCHES TO EVALUATE

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 9. Base de datos Plan vs Actual de rutas.

| VARIANZA PLAN vs ACTUAL | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|---------------|--------------------|-------------------|------------|---------------------|--------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Date | VARIANCE | Match | Loaded Travel Time | Empty Travel Time | Queue Time | Spot Time At Loader | Loading Time | Spot Time At Dump | Time Mean | Cycle AVG | Pdvt (bcm/h) |
| 9/20/2017 | PLAN | EX3600_789C | 8.44 | 7.8 | 2.5 | 0.75 | 2.21 | 1.5 | 0.75 | 23.95 | 180.38 |
| | ACTUAL | | 6.92 | 4.80 | 8.43 | 0.96 | 2.14 | 0.16 | 0.41 | 23.80 | 176.96 |
| 9/21/2017 | PLAN | EX3600_789C | 8.44 | 7.8 | 2.5 | 0.75 | 2.21 | 1.5 | 0.75 | 23.95 | 180.38 |
| | ACTUAL | | 8.31 | 5.90 | 2.43 | 0.36 | 2.73 | 0.14 | 0.31 | 20.20 | 210.17 |
| 9/27/2017 | PLAN | EX3600_EH3500 | 8.85 | 7.76 | 2.5 | 0.75 | 2.19 | 1.5 | 0.75 | 24.3 | 150 |
| | ACTUAL | | 11.44 | 9.05 | 0.22 | 0.27 | 2.39 | 0.12 | 0.30 | 23.79 | 176.54 |
| 9/28/2017 | PLAN | EX3600_EH3500 | 16.64 | 12.09 | 2.5 | 0.75 | 2.19 | 1.5 | 0.75 | 36.40 | 115.00 |
| | ACTUAL | | 15.03 | 10.94 | 2.13 | 0.55 | 2.25 | 0.66 | 0.58 | 32.31 | 131.80 |
| 10/3/2017 | PLAN | EX3600_EH3500 | 16.07 | 11.9 | 2.5 | 0.75 | 2.19 | 1.5 | 0.75 | 35.7 | 118 |
| | ACTUAL | | 13.11 | 10.32 | 6.19 | 1.08 | 2.05 | 0.37 | 0.47 | 35.10 | 119.66 |
| 10/4/2017 | PLAN | EX3600_789C | 12.89 | 10.31 | 2.5 | 0.75 | 2.21 | 1.5 | 0.75 | 30.9 | 140 |
| | ACTUAL | | 12.78 | 10.52 | 0.63 | 0.48 | 2.20 | 0.79 | 0.67 | 29.36 | 146.61 |
| 10/5/2017 | PLAN | RH120-E_777F | 7.11 | 7.24 | 2.5 | 0.75 | 1.45 | 1.5 | 0.75 | 21.3 | 101 |
| | ACTUAL | | 10.16 | 8.49 | 3.0 | 0.53 | 2 | 0.3 | 0.46 | 24.98 | 86.47 |
| 10/10/2017 | PLAN | EX3600_EH3500 | 14.82 | 9.26 | 2.5 | 0.75 | 2.19 | 1.5 | 0.75 | 31.8 | 132.00 |
| | ACTUAL | | 13.28 | 9.66 | 3.38 | 0.59 | 2.18 | 0.25 | 0.45 | 29.78 | 145.96 |
| 10/11/2017 | PLAN | EX1900_777F | 9.47 | 7.13 | 2.5 | 0.75 | 1.44 | 1.5 | 0.75 | 23.54 | 91.26 |
| | ACTUAL | | 9.44 | 6.29 | 2.5 | 0.32 | 1.24 | 0.31 | 0.42 | 20.49 | 105.42 |
| 10/12/2017 | PLAN | EX1900_777F | 9.47 | 7.13 | 2.5 | 0.75 | 1.44 | 1.5 | 0.75 | 23.54 | 91.26 |
| | ACTUAL | | 10.19 | 8 | 4.0 | 1.05 | 2.17 | 0.3 | 0.43 | 26.67 | 80.99 |
| 10/19/2017 | PLAN | CAT6060_793D | 11.68 | 9.14 | 2.5 | 0.75 | 2.39 | 1.5 | 0.75 | 28.66 | 188.42 |
| | ACTUAL | | 12.49 | 7.26 | 2.4 | 0.33 | 1.46 | 0.4 | 0.46 | 24.81 | 217.65 |
| 11/16/2017 | PLAN | EX3600_EH4000 | 8.05 | 7.42 | 2.5 | 0.75 | 2.9 | 1.5 | 0.75 | 23.87 | 226.23 |
| | ACTUAL | | 10.31 | 6.87 | 0.20 | 0.30 | 2.47 | 0.35 | 0.50 | 21.00 | 257.14 |
| 11/21/2017 | PLAN | CAT6060_793D | 10.52 | 9.60 | 2.50 | 0.75 | 2.38 | 1.50 | 0.75 | 27.66 | 195.23 |
| | ACTUAL | | 16.96 | 11.31 | 3.57 | 0.39 | 1.49 | 0.35 | 0.50 | 34.57 | 156.95 |
| 11/22/2017 | PLAN | EX3600_EH4000 | 11.78 | 9.63 | 2.50 | 0.75 | 2.90 | 1.50 | 0.75 | 27.51 | 196.29 |
| | ACTUAL | | 14.65 | 9.77 | 4.88 | 0.34 | 3.11 | 0.35 | 0.50 | 33.60 | 168.77 |
| 11/23/2017 | PLAN | EX3600_EH4000 | 10.91 | 8.20 | 2.50 | 0.75 | 2.90 | 1.50 | 0.75 | 30.17 | 178.99 |
| | ACTUAL | | 11.44 | 7.63 | 10.40 | 0.35 | 3.33 | 0.35 | 0.50 | 34.00 | 158.82 |
| 12/5/2017 | PLAN | EX2500_789C_2 | 16.19 | 12.09 | 2.00 | 0.75 | 4.42 | 1.50 | 0.75 | 37.70 | 115.00 |
| | ACTUAL | | 11.87 | 7.92 | 11.60 | 0.78 | 4.31 | 0.35 | 0.50 | 37.33 | 118.41 |
| 12/19/2017 | PLAN | EX3600_793D_2 | 12.07 | 9.34 | 2.50 | 0.75 | 2.83 | 1.50 | 0.75 | 29.74 | 181.57 |
| | ACTUAL | | 17.45 | 11.64 | 3.55 | 0.38 | 3.03 | 0.35 | 0.50 | 36.90 | 151.13 |
| 12/21/2017 | PLAN | EX3600_EH3500 | 12.16 | 8.31 | 2.10 | 0.75 | 2.19 | 1.50 | 0.75 | 27.80 | 151.00 |
| | ACTUAL | | 12.23 | 8.15 | 2.09 | 0.34 | 2.43 | 0.35 | 0.50 | 26.09 | 163.10 |
| 12/27/2017 | PLAN | EX1900_777F | 5.94 | 6.26 | 5.40 | 0.75 | 1.44 | 0.75 | 0.75 | 21.27 | 101.50 |
| | ACTUAL | | 9.73 | 6.49 | 2.87 | 0.30 | 2.10 | 0.35 | 0.50 | 22.33 | 100.26 |
| 1/3/2017 | PLAN | EX3600_789C | 20.18 | 13.51 | 2.50 | 0.75 | 2.21 | 1.50 | 0.75 | 41.40 | 104.00 |
| | ACTUAL | | 17.51 | 11.68 | 4.43 | 0.34 | 2.04 | 0.35 | 0.50 | 36.84 | 119.86 |
| 1/4/2017 | PLAN | EX3600_789C | 20.18 | 13.51 | 2.50 | 0.75 | 2.21 | 1.50 | 0.75 | 41.40 | 104.00 |
| | ACTUAL | | 18.48 | 12.32 | 4.52 | 0.33 | 2.22 | 0.35 | 0.50 | 38.71 | 112.02 |
| 1/10/2017 | PLAN | CAT6060_793D | 7.99 | 9.31 | 2.50 | 0.75 | 2.39 | 1.50 | 0.75 | 25.19 | 214.37 |
| | ACTUAL | | 8.87 | 5.92 | 4.65 | 0.36 | 1.73 | 0.35 | 0.50 | 22.38 | 246.18 |
| 1/16/2017 | PLAN | RH120-E_777F | 9.79 | 9.18 | 2.50 | 0.75 | 1.45 | 1.50 | 0.75 | 25.90 | 83.00 |
| | ACTUAL | | 15.92 | 10.61 | 2.33 | 0.33 | 1.27 | 0.35 | 0.50 | 31.30 | 69.89 |
| 1/16/2017 | PLAN | RH120-E_777F | 6.69 | 6.83 | 2.5 | 0.75 | 1.44 | 1.5 | 0.75 | 20.46 | 109 |
| | ACTUAL | | 9.80 | 6.53 | 2.72 | 0.30 | 1.26 | 0.35 | 0.50 | 21.47 | 111.27 |

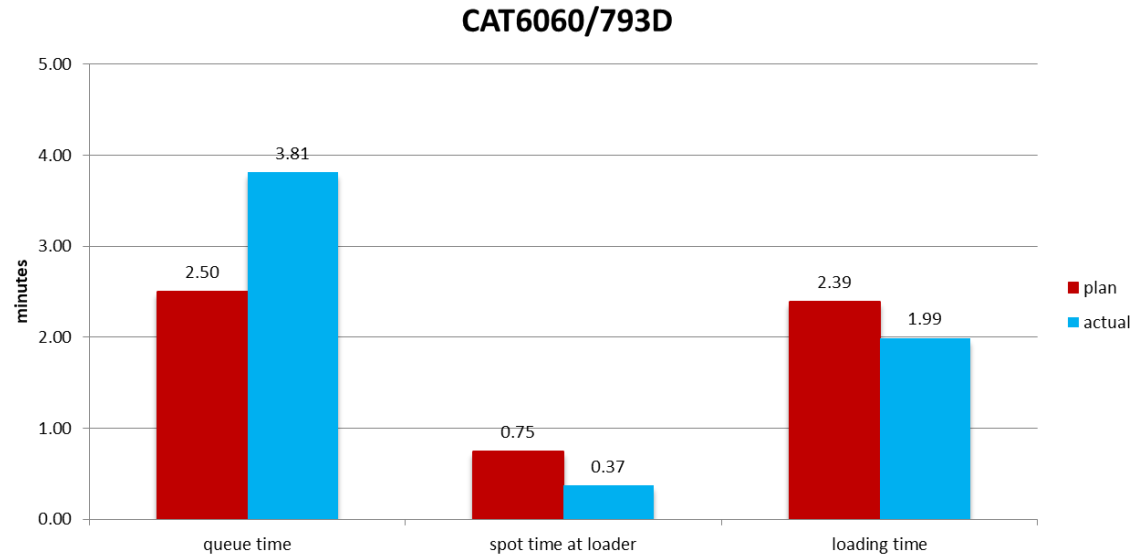
Fuente: Autor del proyecto

3.8.3.4 Promedio Tiempos de Cargue Actuales.

Luego de Organizada la información, se procedió a promediar los tiempos de espera, aculatamiento y cargue de las muestras filtradas, con el fin de dar a conocer los rendimientos de los diferentes tipos de matches planeados por la empresa para así dar evidencia de la efectividad de los mismos.

CAT 6060 FS

Grafica 12. Promedio ciclos de cargue CAT 6060 FS/793D.

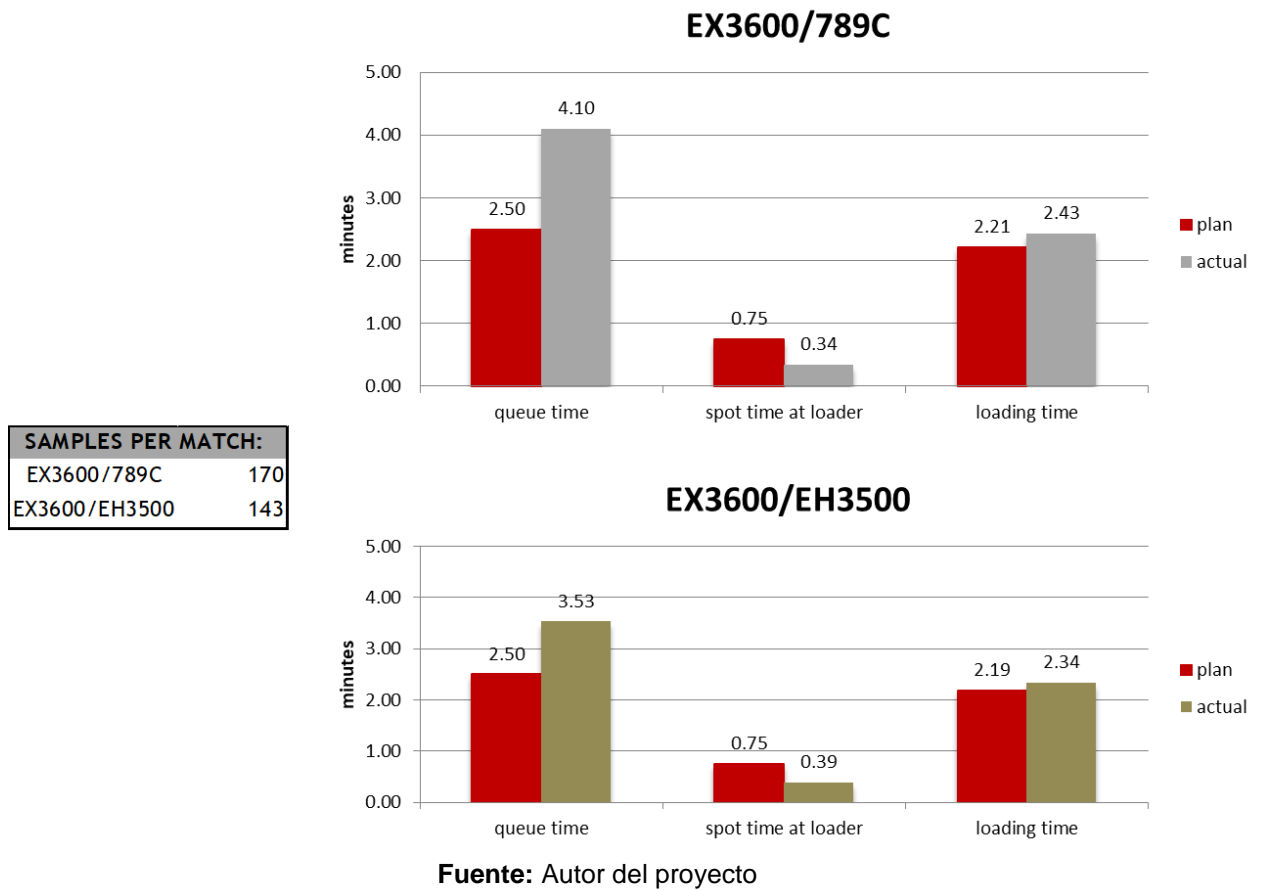


| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|-----|
| CAT 6060/793D | 127 |

Fuente: Autor del proyecto

HITACHI EX3600

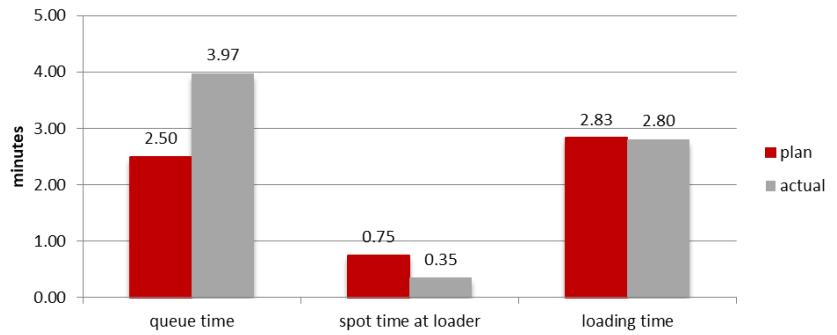
Grafica 13. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX3600/789C_EH3500.



| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|-----|
| EX3600/789C | 170 |
| EX3600/EH3500 | 143 |

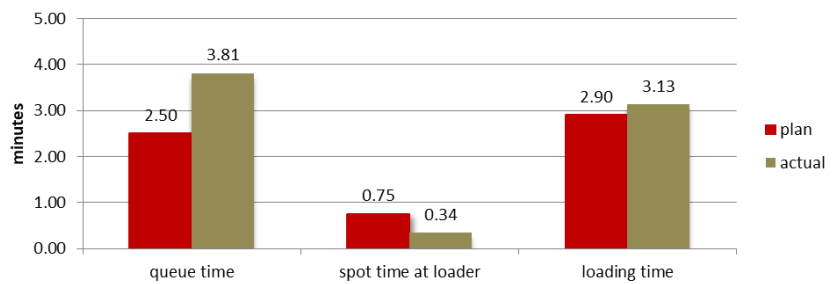
Grafica 14. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX3600/793D_EH4000.

EX3600/793D



| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|-----|
| EX3600/793D | 179 |
| EX3600/EH4000 | 147 |

EX3600/EH4000

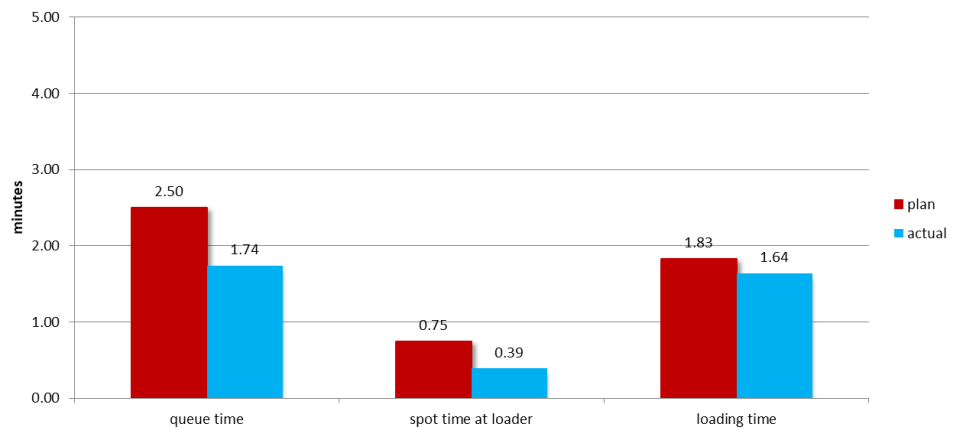


Fuente: Autor del proyecto

HITACHI EX2500

Grafica 15. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX2500/777F.

EX2500/777F

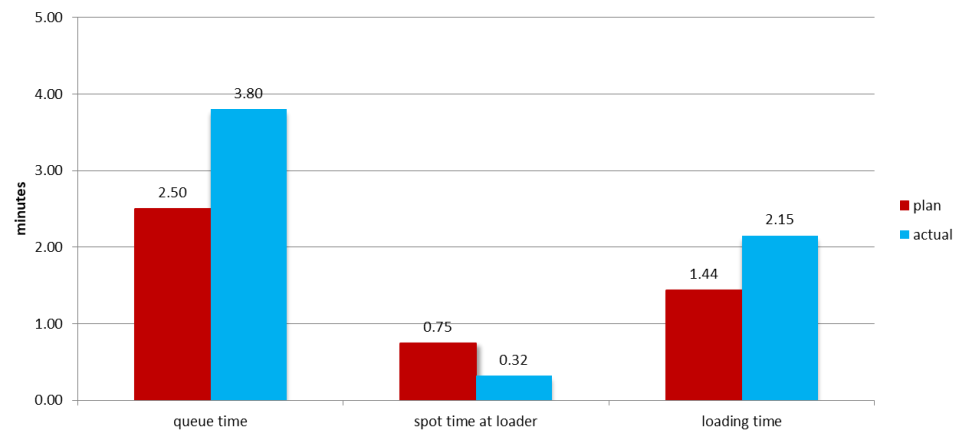


| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|----|
| EX2500/777F | 79 |

Fuente: Autor del proyecto

HITACHI EX1900-6

Grafica 16. Promedio ciclos de cargue HITACHI EX1900-6/777F.
EX1900/777F

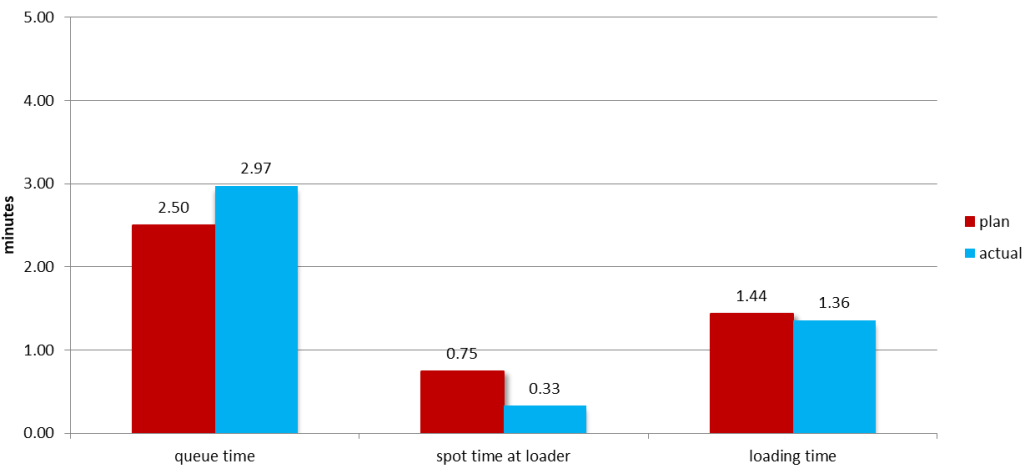


| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|----|
| EX1900/777F | 48 |

Fuente: Autor del proyecto

TEREX RH120-E

Grafica 17. Promedio ciclos de cargue TEREX RH120-E/777F.
RH120-E/777F



| SAMPLES PER MATCH: | |
|--------------------|-----|
| RH120-E/777F | 144 |

Fuente: Autor del proyecto

3.8.3.4.1 Promedio de pases por match

Para la construcción de un match, las capacidades máximas y efectivas del balde del cargador y del camión minero son de vital importancia, ya que estos factores nos delimitaran el número pasadas que se necesita realizar para que el camión realice un viaje con su capacidad máxima disponible y así sea rentable la operación.

Al momento de conformar la flota para la operación de una faena el match pala-camión es un concepto que se analiza en profundidad: “Al seleccionar un camión, al mismo tiempo se está diseñando la mina, el ancho del camino, etc. y eso también tiene relación con la elección del equipo de carguío, la capacidad de balde, buscando obtener menos pases entre una pala y un camión para transformar el proceso en algo eficiente¹¹.

Tabla 10. Promedio de pases por match.

| N° pases | | | | | | | | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Match | Samples | 3 pases | 4 pases | 5 pases | 6 pases | 7 pases | 8 pases | Passes AVG. |
| CAT 6060/793D | 127 | 1 | 114 | 11 | 1 | - | - | 4.03 |
| EX1900-6/777F | 48 | - | 47 | 1 | - | - | - | 3.78 |
| EX2500/777F | 79 | 42 | 36 | 1 | - | - | - | 5.09 |
| EX3600/789C | 170 | - | 12 | 147 | 10 | - | 1 | 5.35 |
| EX3600/793D | 179 | - | 1 | 3 | 125 | 49 | 1 | 6.51 |
| EX3600/EH3500 | 143 | - | 6 | 102 | 25 | 7 | 3 | 5.70 |
| EX3600/EH4000 | 147 | - | - | 1 | 54 | 75 | 17 | 6.53 |
| RH120-E/777F | 144 | 102 | 38 | 4 | - | - | - | 3.86 |

| pass to pass time | | | | | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| Match | Samples | 3 pases | 4 pases | 5 pases | 6 pases | 7 pases | 8 pases | Pass to Pass AVG. |
| CAT 6060/793D | 127 | 0.48 | 0.37 | 0.48 | 0.44 | - | - | 0.44 |
| EX1900-6/777F | 48 | - | 0.45 | 0.51 | - | - | - | 0.48 |
| EX2500/777F | 79 | 0.36 | 0.41 | 0.44 | - | - | - | 0.40 |
| EX3600/789C | 170 | - | 0.51 | 0.47 | 0.38 | - | 0.38 | 0.44 |
| EX3600/793D | 179 | - | - | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.41 | 0.43 |
| EX3600/EH3500 | 143 | - | 0.54 | 0.46 | 0.41 | 0.34 | 0.37 | 0.42 |
| EX3600/EH4000 | 147 | - | - | 0.50 | 0.49 | 0.45 | 0.49 | 0.48 |
| RH120-E/777F | 144 | 0.39 | 0.35 | 0.30 | - | - | - | 0.35 |

| total loading time | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|------|-------|
| Match | Samples | 3 passes | 4 passes | 5 passes | 6 passes | 7 passes | 8 passes | Loading Time AVG. | plan | Dif. |
| CAT 6060/793D | 127 | 1.44 | 1.48 | 2.40 | 2.64 | - | - | 1.99 | 2.39 | 0.40 |
| EX1900-6/777F | 48 | - | 1.80 | 2.55 | - | - | - | 2.18 | 1.44 | -0.74 |
| EX2500/777F | 79 | 1.08 | 1.64 | 2.20 | - | - | - | 1.64 | 1.83 | 0.19 |
| EX3600/789C | 170 | - | 2.04 | 2.35 | 2.28 | - | 3.04 | 2.43 | 2.21 | -0.22 |
| EX3600/793D | 179 | - | - | 2.25 | 2.64 | 3.01 | 3.28 | 2.80 | 2.83 | 0.04 |
| EX3600/EH3500 | 143 | - | 2.16 | 2.30 | 2.46 | 2.38 | 2.96 | 2.45 | 2.19 | -0.26 |
| EX3600/EH4000 | 147 | - | - | 2.50 | 2.94 | 3.15 | 3.92 | 3.13 | 2.90 | -0.23 |
| RH120-E/777F | 144 | 1.17 | 1.40 | 1.50 | - | - | - | 1.36 | 1.44 | 0.08 |

Fuente: Autor del proyecto

¹¹ Grandes Camiones y Palas: Un match que apunta a un mayor rendimiento. Revista Minería Chilena. <http://www.mch.cl/informes-tecnicos/grandes-camiones-y-palas-un-match-que-apunta-a-mayor-rendimiento/>

En la tabla anterior podemos observar los diferentes tipos de matches divididos por el número de pases realizados en cada cargue muestreado, en los cuales se observan los promedios de tiempo entre pases y el tiempo promedio de cague realizado en cada uno de estos.

3.8.3.5 Varianzas de ciclos Plan vs Actual

Con los tiempos recolectados en campo, junto con los tiempos consignados en los planes semanales establecidos por el dpto. De servicios técnicos, se procedió a organizar y evaluar las muestras filtradas en la base de datos para conocer al detalle las variantes en el proceso que conlleva un ciclo de pala y camión y sus respectivas disponibilidades. Hay que tener en cuenta que las rutas evaluadas no tuvieron variaciones en las rutas establecidas por planeación en un 95% de su recorrido, ni cambios en sus cortes planeados y botaderos asignados.

Sector A

Grafica 18. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH4000.



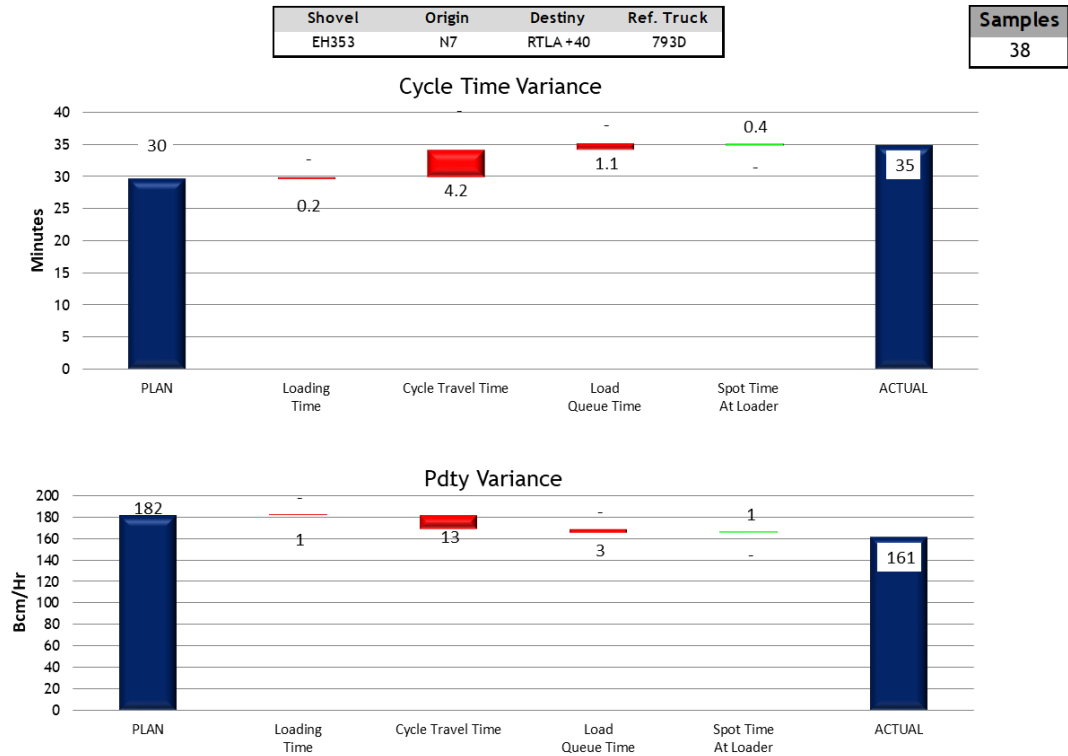
Fuente: Autor del proyecto

Grafica 19. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH4000.



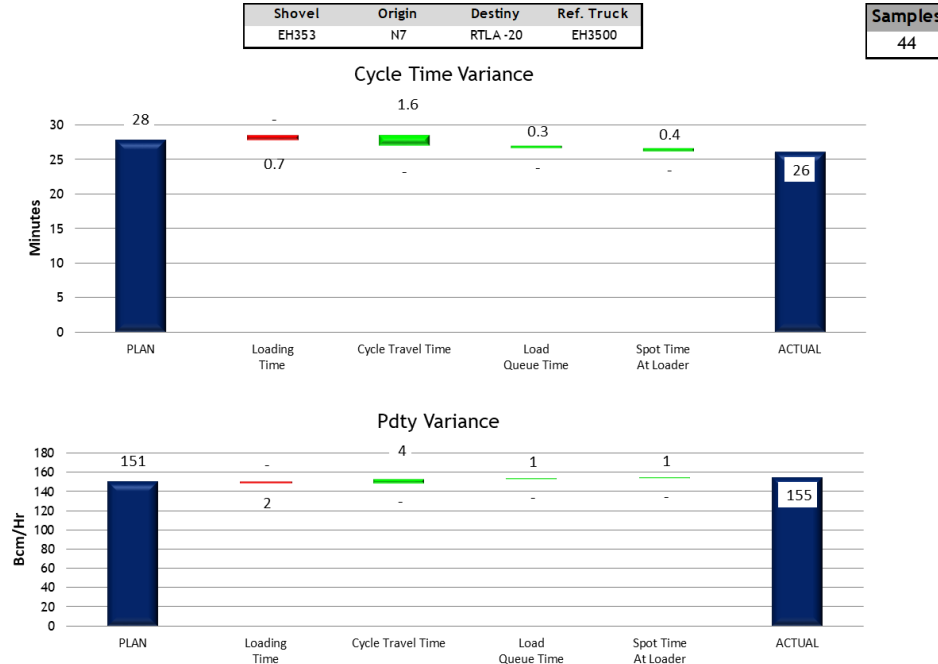
Fuente: Autor del proyecto

Grafica 20. Varianza de ciclos match SA EX3600_793D.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 21. Varianza de ciclos match SA EX3600_EH3500.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 22. Imágenes match EX3600_793D/789C/EH4000/EH3500 SA.



Fuente: Autor del proyecto

La mayoría de las demoras ocurren cuando el material del corte se encuentra mal fragmentado y presentando sobretamaños, lo cual al momento de cargar con la excavadora se torna tedioso penetrar el material duro y llenar el balde de manera deficiente, consecuentemente de un mal llenado es causal de muchos más pases al camión, lo que dispara los tiempos de cargue y baja las productividades.

Otra situación muy común puede referirse a los finales de corte, en ocasiones las palas ya no cuentan con áreas para trabajar o en su defecto son colocadas a realizar trabajos de cargue le lodo a nivel, lo cual no contribuye a una buena productividad, además de que no es una práctica normal para una retroexcavadora.

Grafica 23. Varianza de ciclos match SA CAT 6060_793D.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 24. Varianza de ciclos match SA CAT6060_793D.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 25. Varianza de ciclos match SA CAT 6060_793D.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 26. Imágenes match CAT6060_793D SA.



Fuente: Autor del proyecto

Tanto en las gráficas como en las imágenes se aprecian dos situaciones muy comunes en esta excavadora, la de mayor capacidad en la operación, que presenta un módulo de camiones muy cambiante, ya que otra excavadora quedar fuera de servicio, a esta se le adicionan camiones de grandes tonelajes

(específicamente 793D), así como se disminuyen los camiones en su módulo al momento que otra excavadora se encuentra operativa.

Grafica 27. Imágenes match EX2500_777F SA.



Fuente: Autor del proyecto

Al igual que las EX3600, el material mal fragmentado afecta directamente la productividad como sus ciclos mineros, la mayoría de estas excavadoras junto con las EX1900 son usadas para realizar trabajos de cargue de lodo u trabajos en obras civiles. En donde las productividad en donde las productividades decrecen por la variabilidad de la operación.

Sector CD

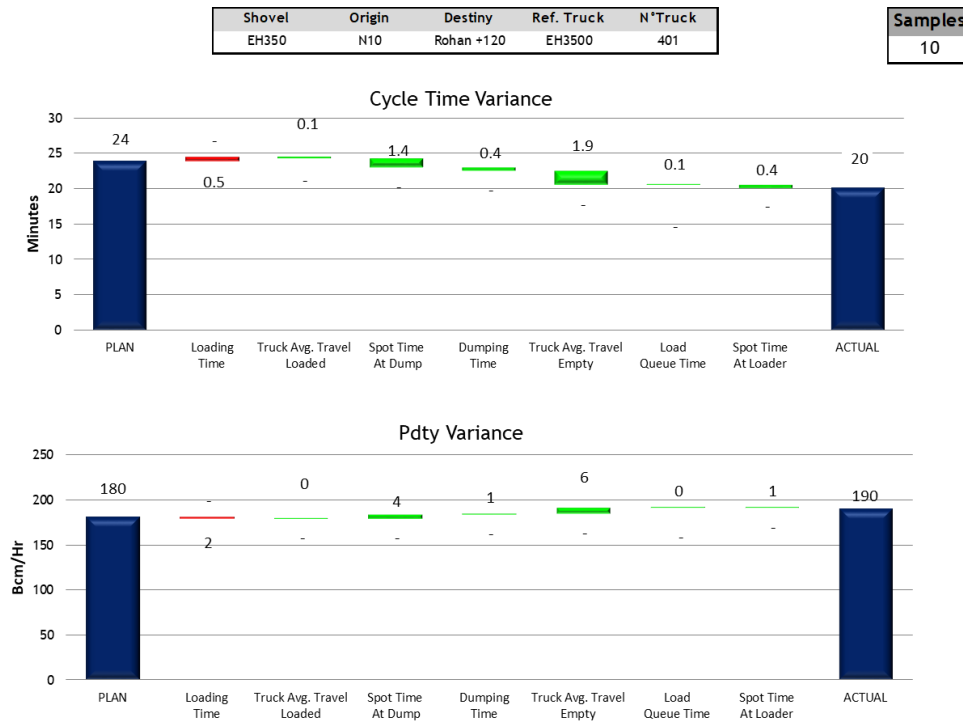
En las gráficas correspondientes al sector A (graficas 18 a 23), se aprecia un mayor número de muestras que en las correspondientes al sector CD, debido a que la toma de datos fue realizada en los camiones mineros, lo cual nos brinda una mayor exactitud en cuanto a la delimitación de los tiempos pero el muestreo se restringe significativamente a un solo camión.

Grafica 28. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 29. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500.



Fuente: Autor del proyecto
Grafica 30. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500.

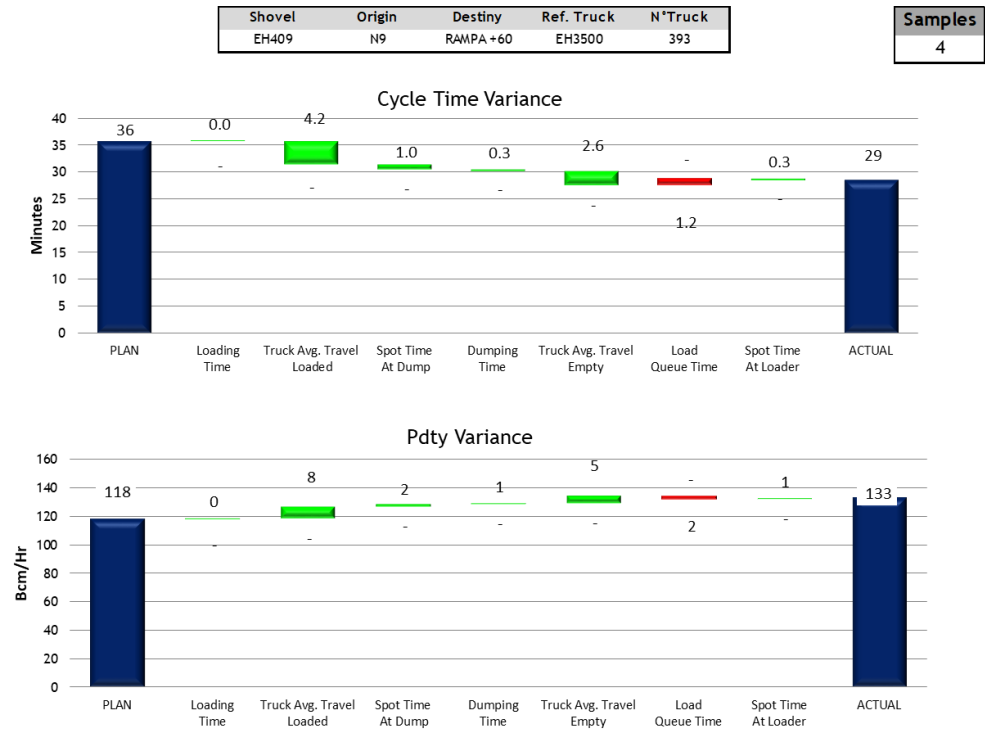


Fuente: Autor del proyecto
Grafica 31. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500.



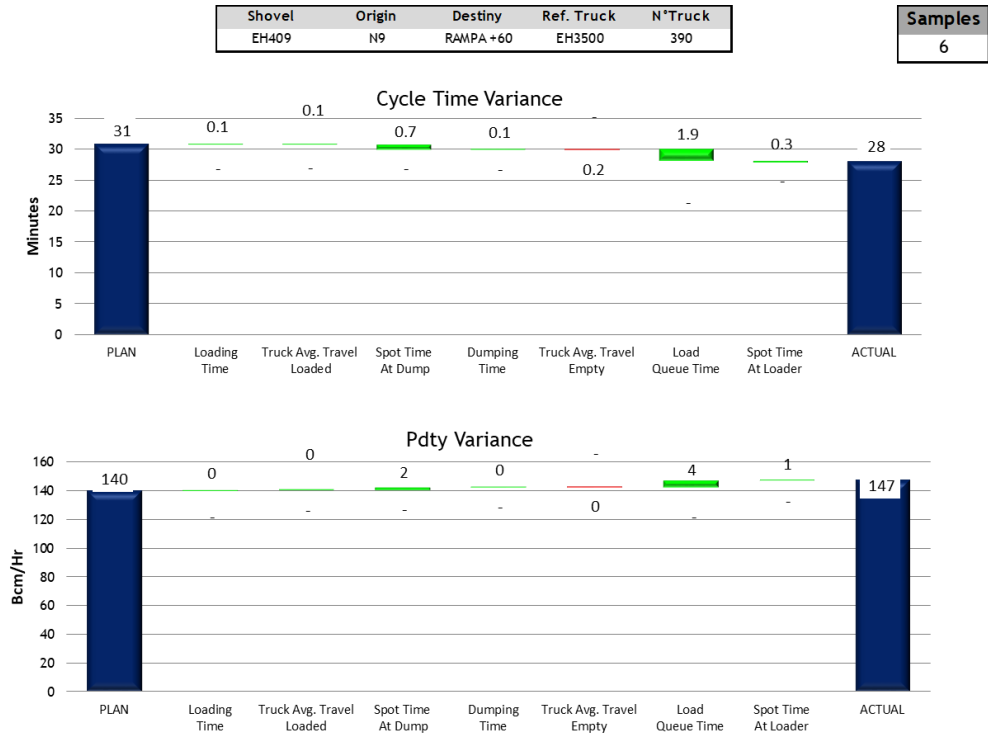
Fuente: Autor del proyecto

Grafica 32. Varianza de ciclos match CD EX3600_EH3500.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 33. Varianza de ciclos CD EH3600_EH3500.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 34. Varianza de ciclos CD EH3600_789C.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 35. Varianza de ciclos CD EH3600_789C.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 36. Match EX3600_789C/EH3500 CD.



Fuente: Autor del proyecto

Las excavadoras EX3600 en el nivel 9 alto evidencian material de roca dura producto de mala fragmentación por voladura, así como demoras de 10 a 15 minutos por arreglo de plaza, tiempo perdido al cual es sumado el tiempo de traslado entre cortes, lo que retrasa significativamente los ciclos, además de los desniveles en la plaza de carga, lo que también genera retrasos.

Grafica 37. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F.



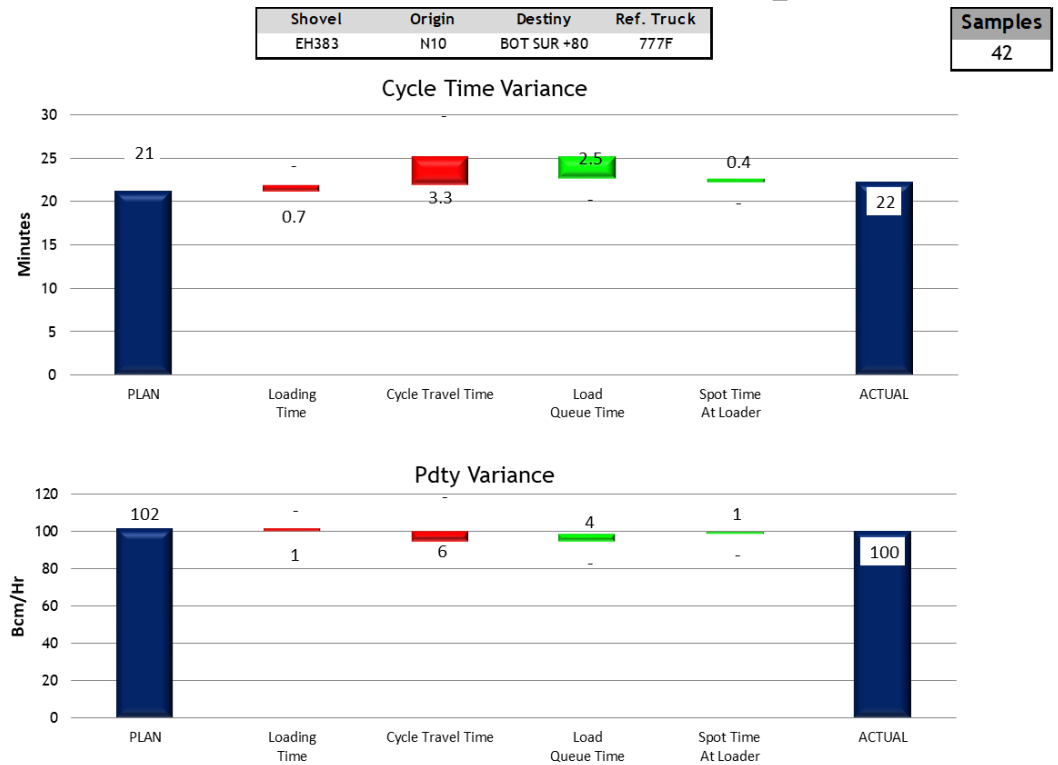
Fuente: Autor del proyecto

Grafica 38. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 39. Varianza de ciclos match CD EX1900_777F.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 40. Imágenes match EX1900_777F CD.



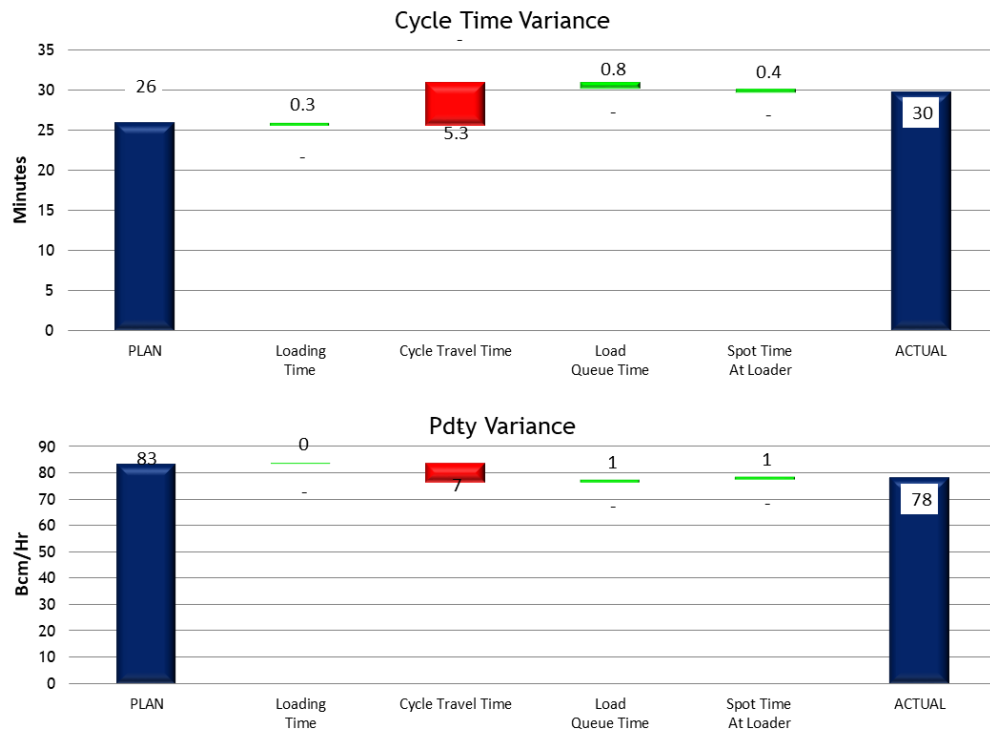
Fuente: Autor del proyecto

Los ciclos de cargue para estas excavadoras, especialmente las que están asociadas a carbones, presentan buenas productividades a pesar de presentarse demoras en sus vías por influencia de influjos, como se puede apreciar en la parte baja del nivel 9.

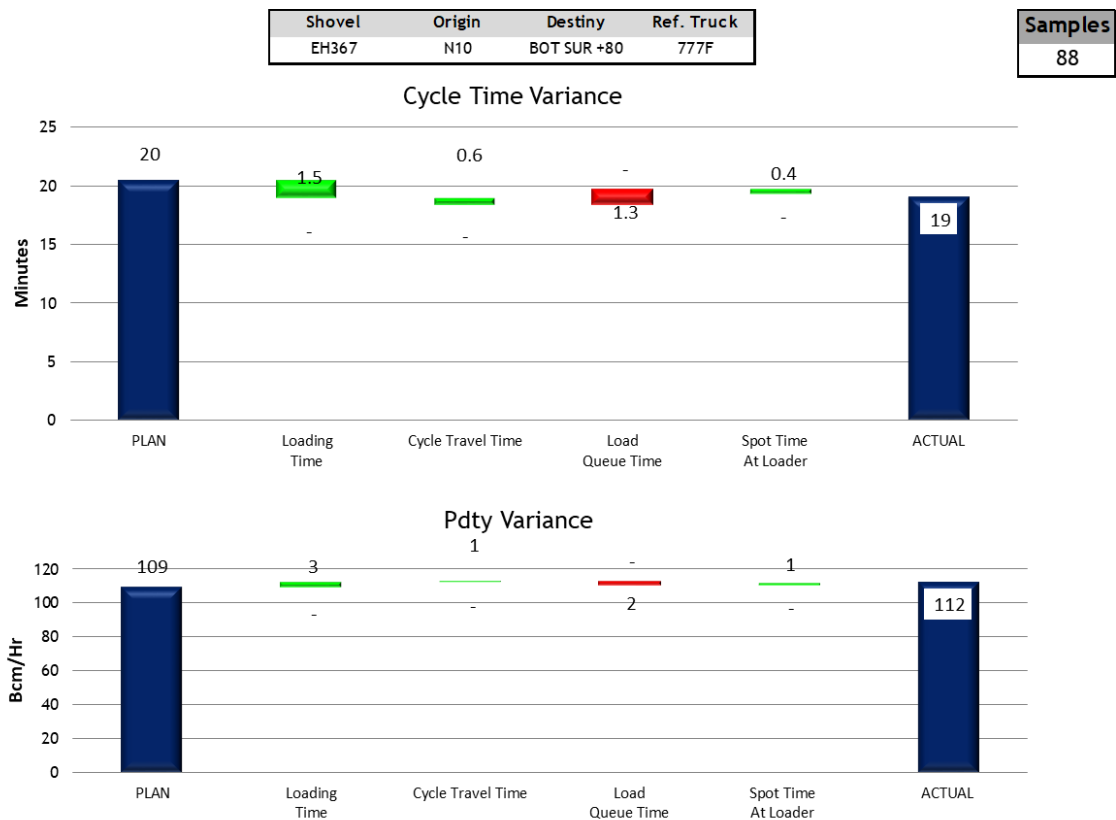
Grafica 41. Varianza de ciclos CD RH120-E_777F.

| Shovel | Origin | Destiny | Ref. Truck |
|--------|--------|----------------|------------|
| EH367 | N10 | VIA MAGICA +68 | 777F |

| Samples |
|---------|
| 28 |



Fuente: Autor del proyecto
Grafica 42. Varianza de ciclos CD RH120-E_777F.



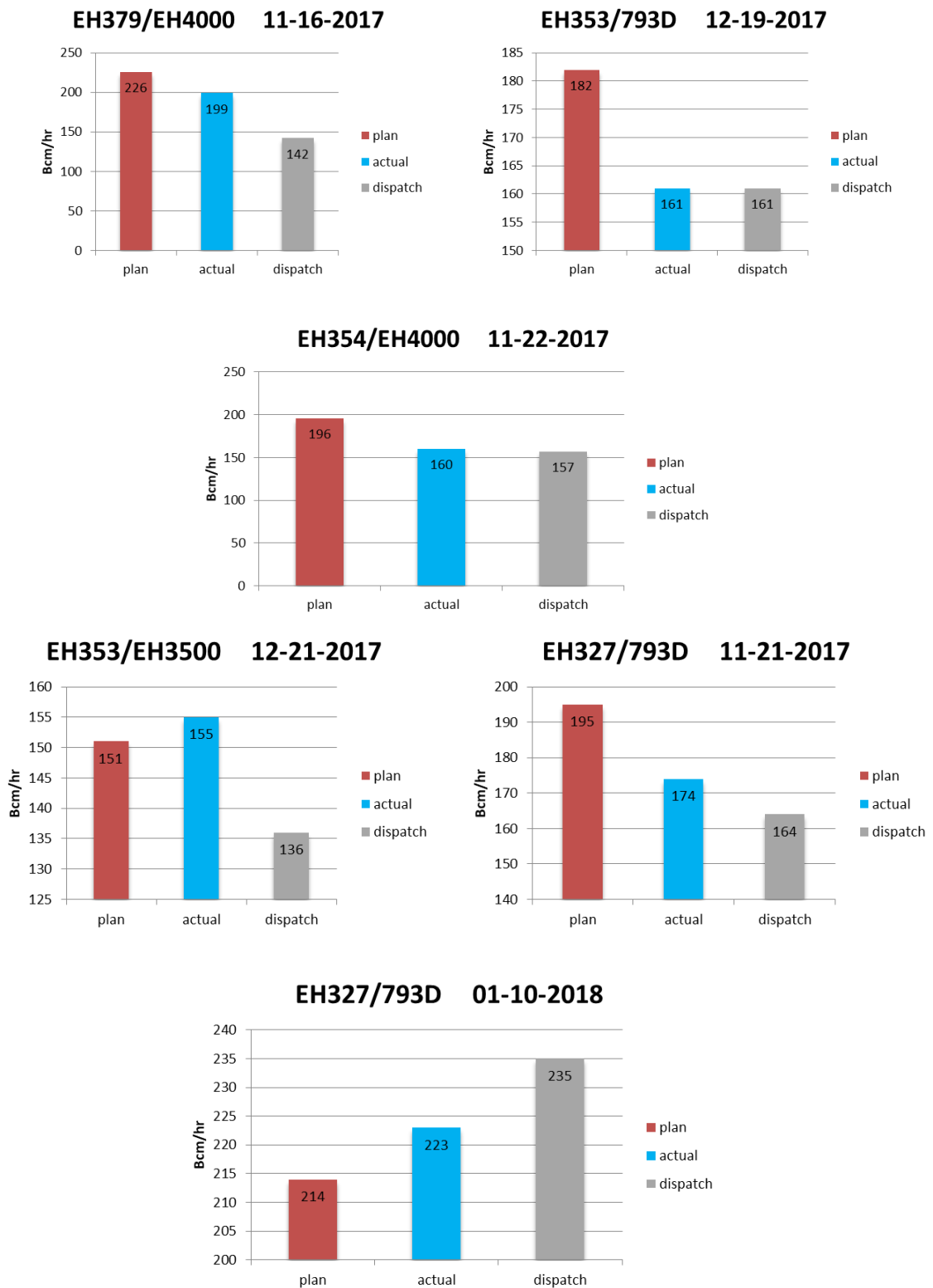
Fuente: Autor del proyecto

3.8.3.5.1 Productividades Plan vs Actual vs Dispatch del match en el día.

En este punto de la investigación se tomaron las productividades de los matches evaluados para someter a comparaciones entre planeadas con las obtenidas en campo y las reportadas por el departamento de Dispatch durante la operación en un el día que se realizó el muestreo.

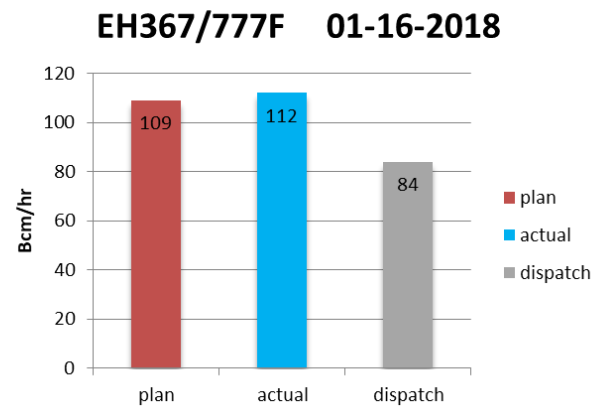
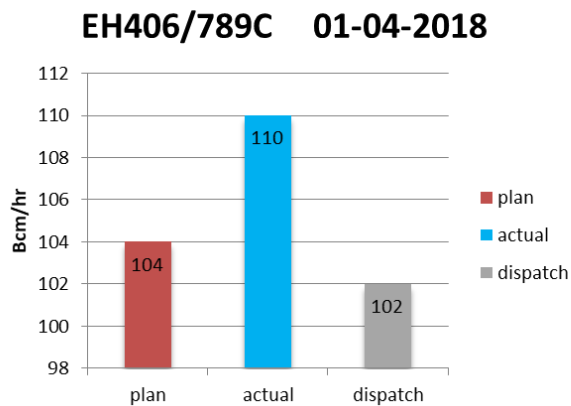
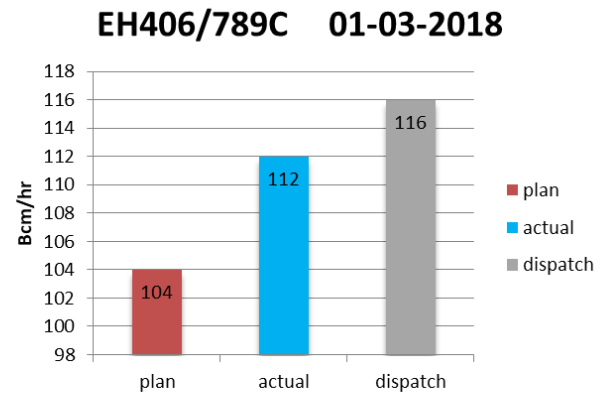
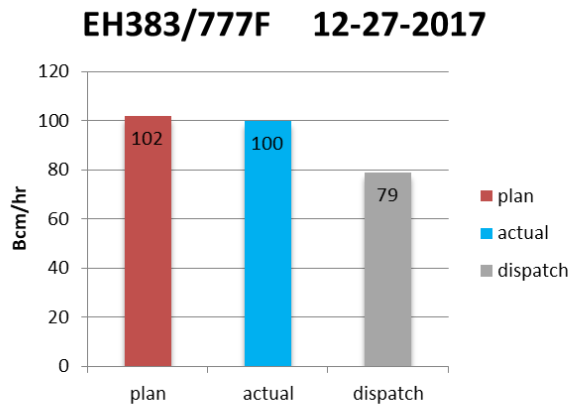
Estas graficas solo se realizaron con los muestreos realizados en plaza de cargue, debido a que solo con este método se puede obtener los tiempos de cada camión cargado con esa excavadora durante el día, ya que el muestreo realizado sobre camiones solo nos proporciona las productividades de la pala con respecto a un solo camión.

Grafica 43. Productividades matches evaluados Sector A.



Fuente: Autor del proyecto

Grafica 44. Productividades matches evaluados Sector CD.



Fuente: Autor del proyecto

3.8.3.6 Calibración en Talpac

Una vez que toda la información fue recolectada, se procedió a insertar los valores tomados como los aculatamiento en cargue y botado (spot time at loader /dump), el botado (dumping time), la capacidad máxima del camión a trabajar (proporcionada por distpach) y el tiempo que toma la excavadora en realizar un pase de acuerdo al match a evaluar (tiempo de cargue promedio del match/número de pases promedio del match) en Talpac®, un software diseñado para planeación minera que calcula, evalúa y proporciona las mejores opciones de optimización para las flotas de cargue y acarreo, simulando situaciones reales mediante modelos, dándonos a conocer al detalle todos los factores que afectan nuestras productividades en tiempo real.

Talpac® (Runge Software) es un software de simulación y evaluación de equipos de minería en el transporte basado en una simulación tipo Monte Carlo que

determina las productividades de los cargadores de camiones en metros cúbicos banco (bcm) por hora.

Los parámetros para iniciar la simulación de transporte son la capacidad del cucharón de la pala, y las unidades de carga y transporte, las clasificaciones de potencia, capital y costos de operación¹².

Los parámetros de la carretera (longitud, pendiente, resistencia a la rodadura) también deben definirse. Con estos parámetros, se ejecuta la simulación. Los resultados de la productividad en el mismo período de tiempo se pueden comparar, junto con el tiempo de viaje, tiempos de carga y espera, uso de combustible, desgaste, promedio de operación y otros costos para explorar diferentes escenarios de red, hacer cambios en niveles de rampa, superficies de caminos y otras características¹³.

Para generar un sistema de acarreo simulado; Talpac® usa variables escalares Que describen los entornos de transporte, que son los siguientes:

- ✓ Tiempo de viaje en camión.
- ✓ Tiempo de descarga del camión.
- ✓ Disponibilidad de camiones.
- ✓ Tiempo de ciclo del cargador.
- ✓ Carga del cucharón del cargador.

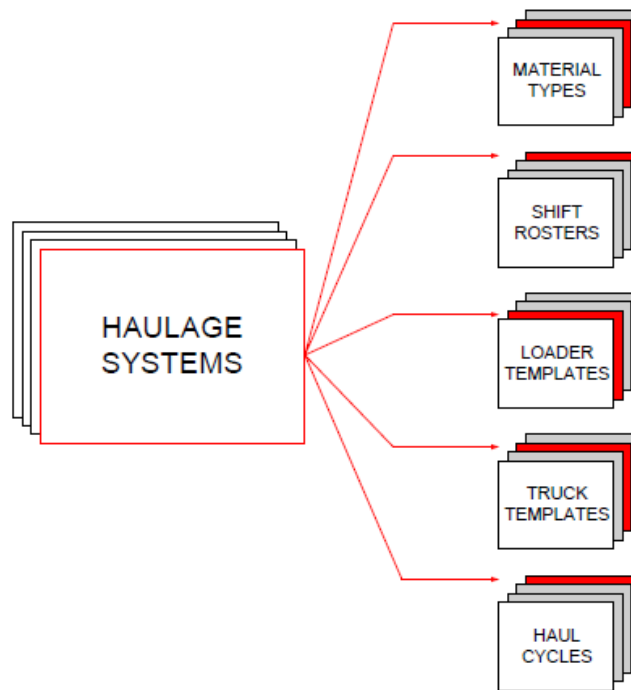
Estructura de datos de TALPAC

¹² Chanda, E. K., & Gardiner, S. (2010). A comparative study of truck cycle time prediction methods in open-pit mining.

¹³ Finning UK News RSS.

http://www.finning.co.uk/equipment_management/technology/fleet_production/default.aspx

Grafica 45. Estructura de datos de TALPAC.



Fuente: Curso de entrenamiento TALPAC. Runge Pincock Minarco

Tipo de Material

En esta pestaña se describe al detalle toda la información concerniente al material con el cual se desea trabajar, características físicas e ingenieriles tales como su densidad in situ, densidad suelta, factor de hinchamiento, factor de llenado de balde, etc.

Sistema de turnos

En esta pestaña se determinan los diferentes tipos de turnos que se manejan en minería, de los cuales se selecciona el utilizado por la parte operativa de la mina. Aquí se tienen en cuenta tantos patrones de turnos semanales y las asignaciones de turnos perdidos por un año, como los tiempos perdidos en cada turno.

Plantilla de cargadores

En ella se seleccionan los equipos de cargue para la labor, contiene información detallada de una gran variedad de modelos, con sus especificaciones técnicas directamente actualizadas desde la web del fabricante

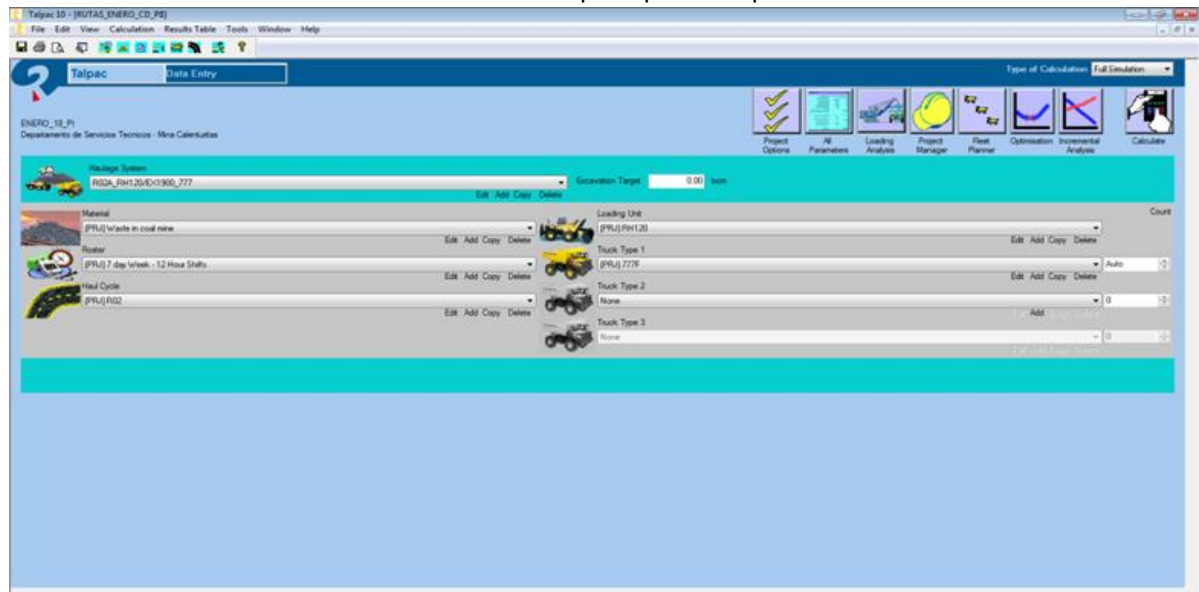
Plantilla de camiones

Aquí se selecciona el tipo de equipo de acarreo a emplear en la operación, al igual que con los equipos de cargue, almacena una gran variedad de modelos con sus especificaciones técnicas actualizadas desde la web del fabricante,.

Ciclo de transporte

La plantilla ciclo de transporte contiene la información relacionada con las rutas de acarreo necesarios para realizar la simulación. A través de esta plantilla se permite establecer las velocidades máximas bajando rampas, en las rutas, y las áreas de carga y descarga¹⁴.

Grafica 46. ventana principal de talpac 10.2.



Fuente: Runge Pincock Minarco

Una vez ingresados los datos anteriormente mencionados, procedemos a realizar la simulación de la ruta seleccionada con los valores reales tomados de campo, esto con la finalidad de comparar los resultados de los datos registrados en campo con las simulaciones realizadas para la planeación de la explotación, a manera que se encuentren en un rango de valor aceptable para ser utilizados como base de cálculo para la base de datos a ejecutar como nuevo parámetro de planeación, luego de este proceso podemos decir que Talpac se encuentra calibrado para la operación en cuestión.

Grafica 47. Plantilla de parámetros para cargador.

¹⁴ Análisis e Implementación de la Simulación de Costos de Combustible en Rutas de Acarreo Mediante Talpac en Mina Calenturitas.

Plan

Operational Data | Costing Data | Distribution Data

Actions and Global Options
 Change Loader... Project Options... Bucket Selection...

Identification
 Loading Unit Template Name: EX3600BH
 Database Loading Unit (User DB): HITACHI EX 3600-6
 Loader Class: Shovel (hydraulic)

Loading Unit Operation
 Database Bucket Capacity: 23.00 cu.metres
 Available Bucket Capacity (Fill Factor Applied): 19.56 cu.metres equiv. to 31.90 tonne
 Actual Bucket Capacity: 19.56 cu.metres equiv. to 31.90 tonne
☒ Adjust bucket capacity to maximum capable for currently selected material

Bucket Cycle Time: 0.55 Mins 33.00 Secs

Mechanical Availability: 100.00 %

Loading Methodology
 Bucket Passes: ☐ Full Bucket ☒ Full Truck
 Truck Positioning: ☒ Single Sided ☐ Double Sided
 First Bucket Pass Delay: 0.75 Mins 45.00 Secs

OK Cancel

Actual

Operational Data | Costing Data | Distribution Data

Actions and Global Options
 Change Loader... Project Options... Bucket Selection...

Identification
 Loading Unit Template Name: EX3600BH
 Database Loading Unit (User DB): HITACHI EX 3600-6
 Loader Class: Shovel (hydraulic)

Loading Unit Operation
 Database Bucket Capacity: 23.00 cu.metres
 Available Bucket Capacity (Fill Factor Applied): 19.56 cu.metres equiv. to 31.90 tonne
 Actual Bucket Capacity: 19.56 cu.metres equiv. to 31.90 tonne
☐ Adjust bucket capacity to maximum capable for currently selected material

Bucket Cycle Time: 0.72 Mins 43.00 Secs

Mechanical Availability: 100.00 %

Loading Methodology
 Bucket Passes: ☐ Full Bucket ☒ Full Truck
 Truck Positioning: ☒ Single Sided ☐ Double Sided
 First Bucket Pass Delay: 0.70 Mins 42.00 Secs

OK Cancel

Fuente: Runge Pincock Minarco

Como se aprecia en la gráfica 42, se modifican los parámetros para las excavadoras EX3600, que en sus planes utilizan para sus pases de balde un promedio de 33 segundos y actualmente se registra en campo un promedio de 43 segundos para llenar la tolva de un camión 793D (flecha naranja), cabe resaltar que este es el factor que afecta mayormente el cargue de la pala.

En sus parámetros a modificar también se encuentran las capacidades máximas y efectivas de los baldes (flecha roja), las cuales se configuran de acuerdo al resultado de la simulación, no obstante, como las excavadoras de la misma referencia cuentan con la misma capacidad en sus baldes, se debe utilizar el mismo tipo de balde para todas las simulaciones de esta en todos sus match, para no generar distorsiones en los resultados de las simulaciones.

Grafica 48. Plantilla de parámetros para camiones.

Plan

Actual

Fuente: Runge Pincock Minarco

En la configuración para camiones se modificaron los tiempos de acuatamiento en cargador y en botado (flecha verde), el tiempo de botado como tal y la capacidad real de cada camión la cual es proporcionada por Distpach (flecha azul), en la gráfica se observa que la capacidad de cargue utilizada en el plan mensual para camiones de referencia 793D es de 218,70 toneladas, pero la real es de 229 toneladas, la cual fue proporcionada también por Dispatch.

Los parámetros de acuatamiento y botado se utilizan para todas las flotas de camiones en la mina, por lo tanto al modificar los parámetros para el primer match, se deben modificar con las mismas cifras para todos los match restantes, y solo se modificarían singularmente las capacidades de cargue actuales.

Tabla 11. Reportes De simulación Plan vs Actual.

Plan

| Production Summary - Full Simulation | | | | |
|--|-------------|--|------------------------------------|--|
| Haulage System: R16F_EX3600BH_T93_2 | | Haul Cycle: [PR.J] R16 | | |
| Material: [PR.J] Waste In coal mine | | Roster: [PR.J] 7 day Week - 12 Hour Shifts | | |
| Loader | | [PR.J] EX3600BH | | |
| Availability | % | 100.00 | | |
| Bucket Fill Factor | | 0.85 | | |
| Average Bucket Load Volume | cu.metres | 19.59 | | |
| Average Payload | bcm | 13.15 | | |
| Operating Hours per Year | OpHr/Year | 7,308.00 | Op. hrs factored by availability | |
| Average Operating Shifts per Year | shifts/Year | 696.00 | Shifts factored by availability | |
| Average Bucket Cycle Time | min | 0.55 | | |
| Production per Operating Hour | bcm | 1,044.36 | | |
| Production per Loader Operating Shift | bcm | 10,966 | Max. prod. based on 100% avail. | |
| Production per Year | bcm | 7,632,172 | Avg. production factored by avail. | |
| Wait Time per Operating Hour | min | 1.90 | | |
| Truck | | [PR.J] T93D | | |
| Availability | % | 100.00 | | |
| Payload in Template | bcm | 90.00 | | |
| Operating Hours per Year | OpHr/Year | 7,308.00 | | |
| Average Payload | bcm | 80.69 | | |
| Production per Operating Hour | bcm | 149.19 | | |
| Production per Loader Operating Shift | bcm | 1,567 | | |
| Production per Year | bcm | 1,090,310 | | |
| Queue Time at Loader | min/Cycle | 3.76 | | |
| Spot Time at loader | min/Cycle | 0.75 | | |
| Average Loading Time | min/Cycle | 2.83 | | |
| Travel Time | min/Cycle | 21.94 | | |
| Spot Time at Dump | min/Cycle | 0.75 | | |
| Average Dump Time | min/Cycle | 0.75 | | |
| Average Cycle Time | min/Cycle | 30.78 | | |
| Fleet Size | | 7 | | |
| Average No. of Bucket Passes | | 6.14 | | |
| Haulage System | | [PR.J] T93D | | |
| Production per Year | bcm/Year | 7,632,172 | | |
| Discounted Capital Cost | \$/bcm | 0.00 | Loading Methodology | |
| Discounted Operating Cost | \$/bcm | 0.00 | Single Sided | |
| Discounted Average Cost | \$/bcm | 0.00 | Full Truck | |
| | | | Average for 150 Shifts | |
| Productivity estimates allow for insufficient time at the end of the shift to complete another cycle. Time for the first bucket pass coincides with the truck queuing and maneuvering times. Equipment data should be checked to ensure it is valid for this site. | | | | |

Actual

| Production Summary - Full Simulation | | | | |
|---|-------------|--|------------------------------------|--|
| Haulage System: R16D_EX3600BH_T93 | | Haul Cycle: [PR.J] R16 | | |
| Material: [PR.J] Waste In coal mine | | Roster: [PR.J] 7 day Week - 12 Hour Shifts | | |
| Loader | | [PR.J] EX3600BH | | |
| Availability | % | 100.00 | | |
| Bucket Fill Factor | | 0.85 | | |
| Average Bucket Load Volume | cu.metres | 19.58 | | |
| Average Payload | bcm | 13.14 | | |
| Operating Hours per Year | OpHr/Year | 7,308.00 | Op. hrs factored by availability | |
| Average Operating Shifts per Year | shifts/Year | 696.00 | Shifts factored by availability | |
| Average Bucket Cycle Time | min | 0.63 | | |
| Production per Operating Hour | bcm | 920.37 | | |
| Production per Loader Operating Shift | bcm | 9,664 | Max. prod. based on 100% avail. | |
| Production per Year | bcm | 6,726,088 | Avg. production factored by avail. | |
| Wait Time per Operating Hour | min | 3.84 | | |
| Truck | | [PR.J] T93D | | |
| Availability | % | 100.00 | | |
| Payload in Template | bcm | 94.24 | | |
| Operating Hours per Year | OpHr/Year | 7,308.00 | | |
| Average Payload | bcm | 86.98 | | |
| Production per Operating Hour | bcm | 184.07 | | |
| Production per Loader Operating Shift | bcm | 1,933 | | |
| Production per Year | bcm | 1,345,218 | | |
| Queue Time at Loader | min/Cycle | 2.93 | | |
| Spot Time at loader | min/Cycle | 0.67 | | |
| Average Loading Time | min/Cycle | 3.56 | | |
| Travel Time | min/Cycle | 18.46 | | |
| Spot Time at Dump | min/Cycle | 0.58 | | |
| Average Dump Time | min/Cycle | 0.75 | | |
| Average Cycle Time | min/Cycle | 26.95 | | |
| Fleet Size | | 5 | | |
| Average No. of Bucket Passes | | 6.62 | | |
| Haulage System | | [PR.J] T93D | | |
| Production per Year | bcm/Year | 6,726,088 | | |
| Discounted Capital Cost | \$/bcm | 0.00 | Loading Methodology | |
| Discounted Operating Cost | \$/bcm | 0.00 | Single Sided | |
| Discounted Average Cost | \$/bcm | 0.00 | Full Truck | |
| | | | Average for 150 Shifts | |
| Productivity estimates allow for insufficient time at the end of the shift to complete another cycle. Time for the first bucket pass coincides with the truck queuing and maneuvering times. Equipment data should be checked to ensure it is valid for this site. than 300 metres with a grade steeper than 10%. Therefore you should check with the truck manufacturer to make | | | | |

Fuente: Runge Pincock Minarco

En el reporte de simulación se observan diferencias significativas en los ciclos de las flotas, evidenciando un cargue con diferencias aproximadas a 1 minuto, dándonos como resultado productividades simuladas más bajas que las planeadas, productividades las cuales dependen directamente de la disponibilidad de camiones para la operación y usos por fuera de esta, finalmente se evidencia una modificación en el número de camiones, relacionado con los factores anteriormente mencionados, como resultado la utilización de menos camiones para la operación, lo cual afecta los tiempos de cargue y espera, además de las condiciones de las vías, la plaza de cargue y comportamientos distractores del operador.

SCHEDULE



4. LOGROS ALCANZADOS

4.1 IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE

El proceso de aprendizaje como ingeniero de minas realizado en Mina Calenturitas, propiedad de C.I. PRODECO S.A. culminó satisfactoriamente como derivado de diversas actividades y conocimientos implantados por los profesionales y experimentados de la minería que laboran en sus instalaciones, que a manera general representan un capital invaluable en la formación profesional del aprendiz, el cual sale de la empresa con una perspectiva totalmente favorable con respecto a su carrera y las labores en las que se empeña, así como también una primera oportunidad de experiencia en el mundo laboral relacionado con este medio.

Mediante las practicas universitarias, se desarrollaron habilidades de reconocimiento y análisis y resolución para un sin número de situaciones que se pueden evidenciar en el entorno minero tanto en la operación como en la planeación de esta, así como los conocimientos de los diferentes tipos de maquinaria implementados para la ejecución económicamente rentable de la operación, y por ultimo pero no menos importante, la implementación de los estándares y políticas los cuales hacen de esta, una operación totalmente segura para desempeñar una labor, catalogando a Mina Calenturitas como una operación con más de 18 millones de horas sin accidentes incapacitantes.

Como todo proceso de aprendizaje, el acompañamiento de los profesionales con los que se tuvo contacto fue esencial para el desarrollo no solo profesional sino personal del estudiante, ya que además de conocimientos, mediante sus apoyos y vivencias, se fortalecieron e inculcaron valores como el respeto, la tolerancia, responsabilidad, trabajo en equipo, honestidad y ética profesional la cual es necesaria para una correcta formación del profesional.

4.2 LIMITACIONES

Por parte de la empresa no se evidencio ninguna clase de limitaciones en cuanto a la realización de actividades y adquisición de conocimientos específicos se refiere, tanto el personal administrativo como operativo estuvo en total disposición de colaborar con el desarrollo del proceso de prácticas, así como todos sus recursos disponibles a la hora la realización de cualquier tipo de labor relacionada con el proceso de aprendizaje.

5. CONCLUSIONES

- A través la toma de muestras ejecutada en los tajos de la mina, se logró comprender como influyen tanto positiva como negativamente los diferentes tiempos que conforman un ciclo de camión minero, como los tiempos variables pueden afectar el desempeño de toda una flota y como el cargue se puede considerar el tiempo más crítico del ciclo, ya que a pesar de ser fijo depende de muchos factores como la disposición del material a cargar (Sobretamaños y mala fragmentación o menudo), experiencia del operador de pala, demoras por arreglo de plaza y topografía, las cuales dificultan el alcance de metas establecidas.
- La falta de supervisión del personal operativo ocasiona demoras en los procesos por exceso de solicitud de tiempos ya sea para necesidades físicas u ocio y el uso del celular como principal agente distractor y entorpecedor del proceso operativo en general.
- La inadecuada organización de los módulos de minería afecta directamente los tiempos de ciclos establecidos, así como los mantenimientos preventivos realizados fuera del periodo establecido en aras de cumplir una meta, lo que puede ocasionar averías inesperadas en los mecanismos.
- Mediante el software Talpac se logró determinar que en algunos procesos se subestiman los tiempos de ciclo, ya sea por el uso de las capacidades efectivas de los baldes en las excavadoras, como es en el caso de la pala EH327, en donde sus tiempos se encuentran en un promedio de 30 segundos de cargue por encima del plan, así como sobrestimación de tiempos para las retroexcavadoras HITACHI EX3600, debido a la gran cantidad de pases (7) incluso con los camiones de 240 toneladas, considerándose como factores principales el estado de las plazas de cargue y el material mal fragmentado en los niveles inferiores del tajo. Por hallazgos como estos se considera el uso de esta herramienta como indispensable para estos procesos de planeación de rutas y selección de flotas para el cargue y acarreo de material, la proporción de sus posibles combinaciones y el establecimiento y ahorro de los costos que contribuyen a que la operación extractiva se torne económicamente rentable.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesaria la implementación de una supervisión exhaustiva por parte del departamento de servicios técnicos y colaboradores para garantizar el cumplimiento de los planes, ahora la dinámica de planificación de los cambios divisionales entre la oficina y la mina es una buena estrategia para comenzar a monitorear la operación y detectar fallas en ella.
- ✓ La colaboración de los supervisores de nivel y el superintendente de producción es un factor esencial para maximizar los resultados de los planes de productividad, más allá de los recortes y retrasos en los viajes y materiales debido a problemas de carreteras, producción y servicios técnicos, las personas deben conocer los comportamientos de los operadores con equipos , niveladora y motoniveladora, en el momento de la carga y el lugar de carga de acondicionamiento para el funcionamiento respectivamente.
- ✓ Con respecto al punto anterior, es relevante tener en cuenta el desempeño de los equipos dózer y auxiliares en el momento en que una pala comienza su corte, la disposición del lugar y la preparación del material para la carga deben ser al menos con un 60% de piso raspado y resto de material acumulado para la carga, eso es posible con el tiempo que utiliza la pala para traducir dentro del mismo corte (5 minutos) o entre cortes (10-20 minutos).
- ✓ Otra situación que afecta especialmente a los supervisores de nivel y al superintendente de turno es la organización de módulos en el momento de la bajada de equipos, especialmente palas, teniendo en cuenta la capacidad de esos equipos para un juego eficiente y el número de camiones asignados a una sola pala, esto es con el objetivo de no afecta las productividades de pala que generalmente están haciendo un buen trabajo. Obviamente, estos movimientos deberían ser informados con operadores de despacho entrenados para ese tipo de situaciones.

7. BIBLIOGRAFIA

Grupo Prodeco. <http://www.grupoprodeco.com.co/es/>. Enero de 2018.

Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A.
<http://www.puertonuevo.com.co/index.php/es/structure-and-facilities/infrastructure/cargo-access>. Enero de 2018.

Resolución N° 464. Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. República de Colombia, 6 de Marzo de 2009.

Krause, Andre James. Shovel – Truck Cycle Simulation Methods in Surface Mining. University of the Witwatersrand. Johannesburg, 2006.

Doig, Patrick, Kizil, Mehmet S., Improvements in Truck Requirement Estimations Using Detailed Haulage Analysis. University of Wollongong, Queensland, 2013.

Vasquez, Pedro. Optimization of the Haulage Cycle Model for Open Pit Mining Using a Discrete-Event Simulator and a Context-Based Alert System. The University of Arizona, 2014.

Finning Ltd. Finning UK News RSS. Retrieved from http://www.finning.co.uk/equipment_management/technology/fleet_production/default.aspx. 2014

Chanda, E. K., & Gardiner, S. (2010). A comparative study of truck cycle time prediction methods in open-pit mining. Engineering, Construction and Architectural Management, 17(5), 446-460.

Revista Minería Chilena. Grandes Camiones y Palas: Un match que apunta a un mayor rendimiento. <http://www.mch.cl/informes-tecnicos/grandes-camiones-y-palas-un-match-que-apunta-a-mayor-rendimiento/>, 4 De Noviembre Del 2015

Gil, Daniel. Análisis e Implementación de la Simulación de Costos de Combustible en Rutas de Acarreo Mediante Talpac en Mina Calenturitas. Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, 2017.

Ibarra, Enrique. Voladura Bajo Manto, 2016.

Clasificación de Equipo & Capacidades Mina Calenturitas, C.I. PRODECO S.A., 2018.